

# CHEMIE ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ I

## Environmentální procesy

(05)

## Složky prostředí – základní charakteristiky

Ivan Holoubek

**RECETOX, Masaryk University, Brno, CR**

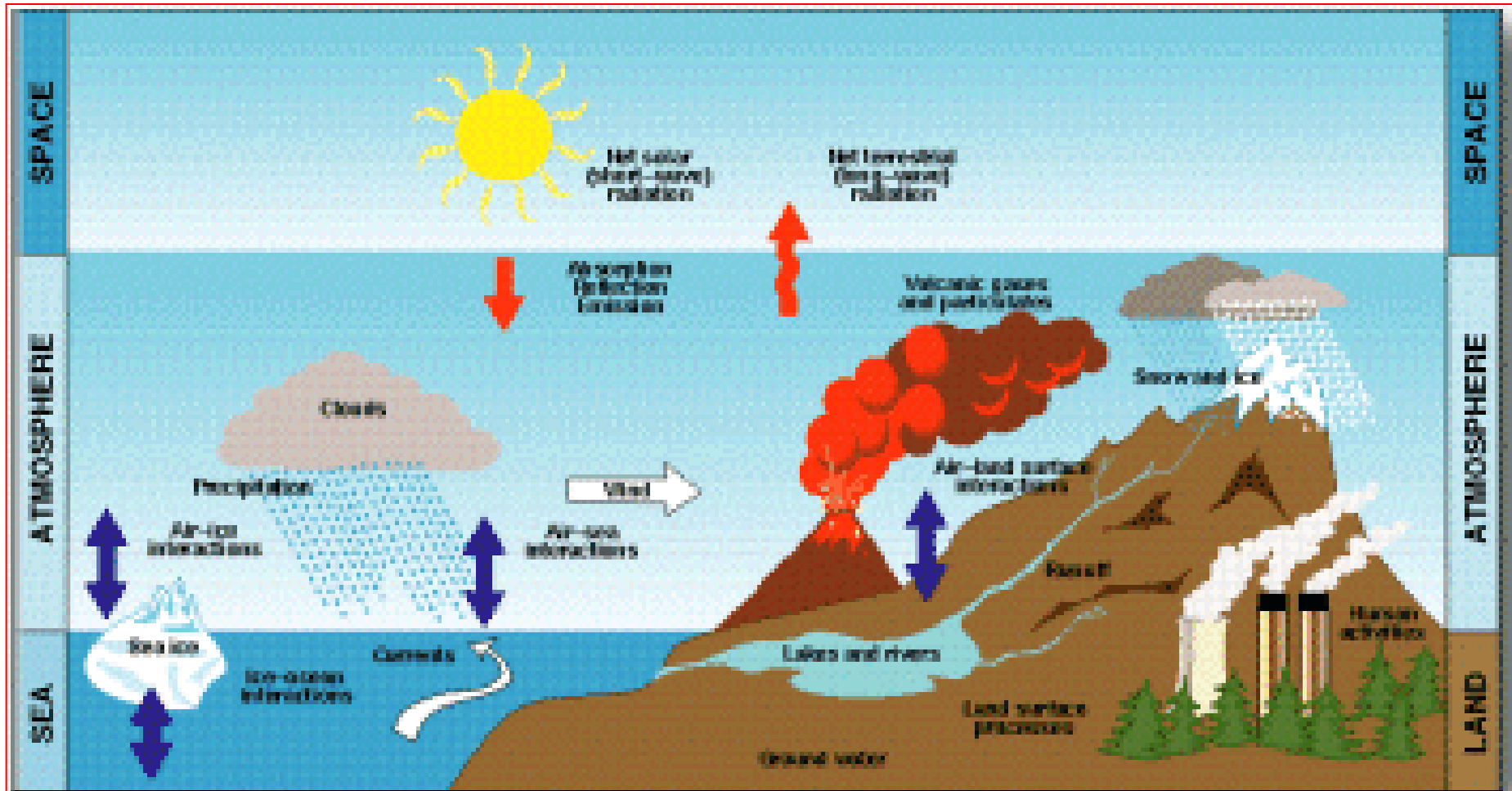
**[holoubek@recetox.muni.cz](mailto:holoubek@recetox.muni.cz); <http://recetox.muni.cz>**

# (05) Složky prostředí – základní charakteristika

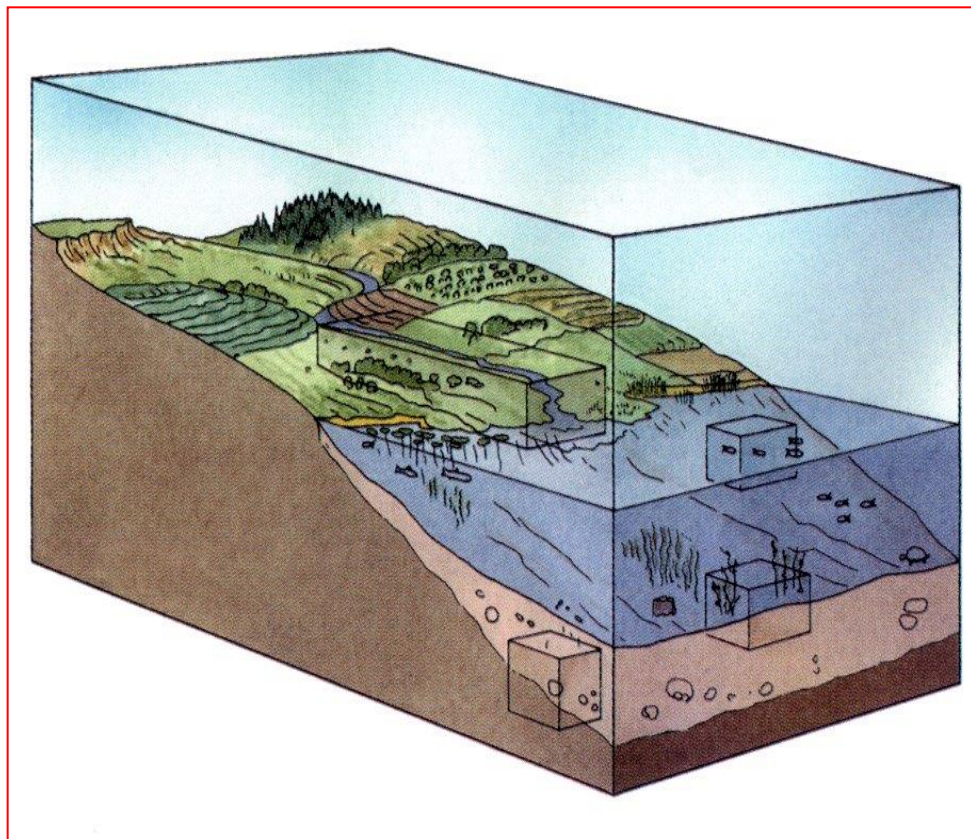
Složky prostředí, základní charakteristiky.

Ekosystémy – definice, vztahy.

# Osud chemických látek v prostředí



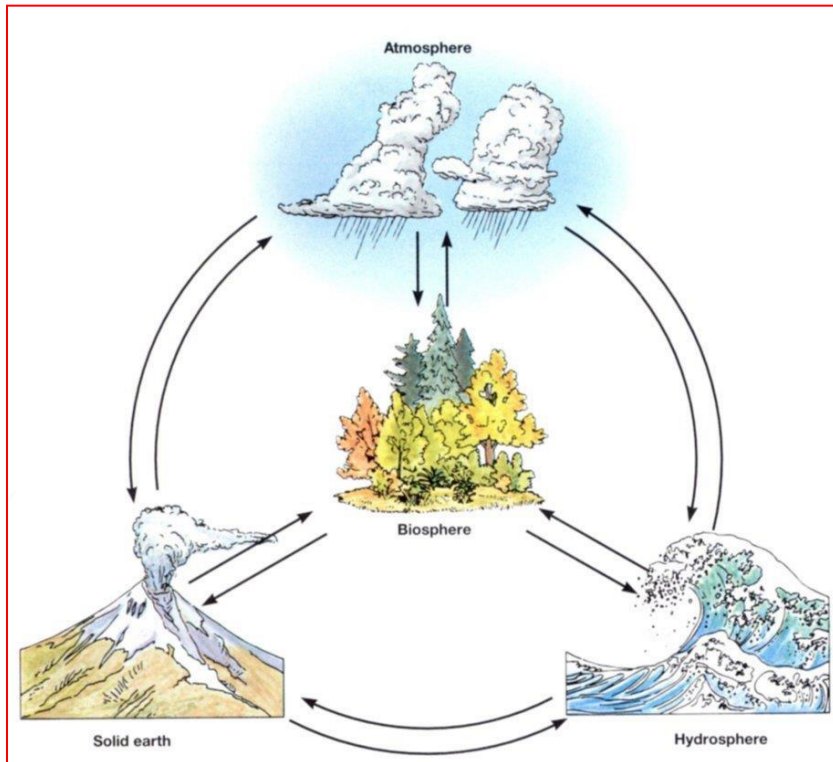
# Koncepce systémů



- ↪ **Systém** je jakákoliv část Vesmíru („Všehomíru“), kterou pozorovatel vymezí (velký, malý, jednoduchý, složitý – od atomů po celý Vesmír): jezero, vzorek horniny, oceán, sopka, horský hřbet, kontinent, celá planeta; list je součástí stromu, strom je součástí lesa.
- ↪ **Začínáme od malých podsystemů**, pochopení jejich funkce je však možné jen v kontextu celého systému.

# Zemský systém

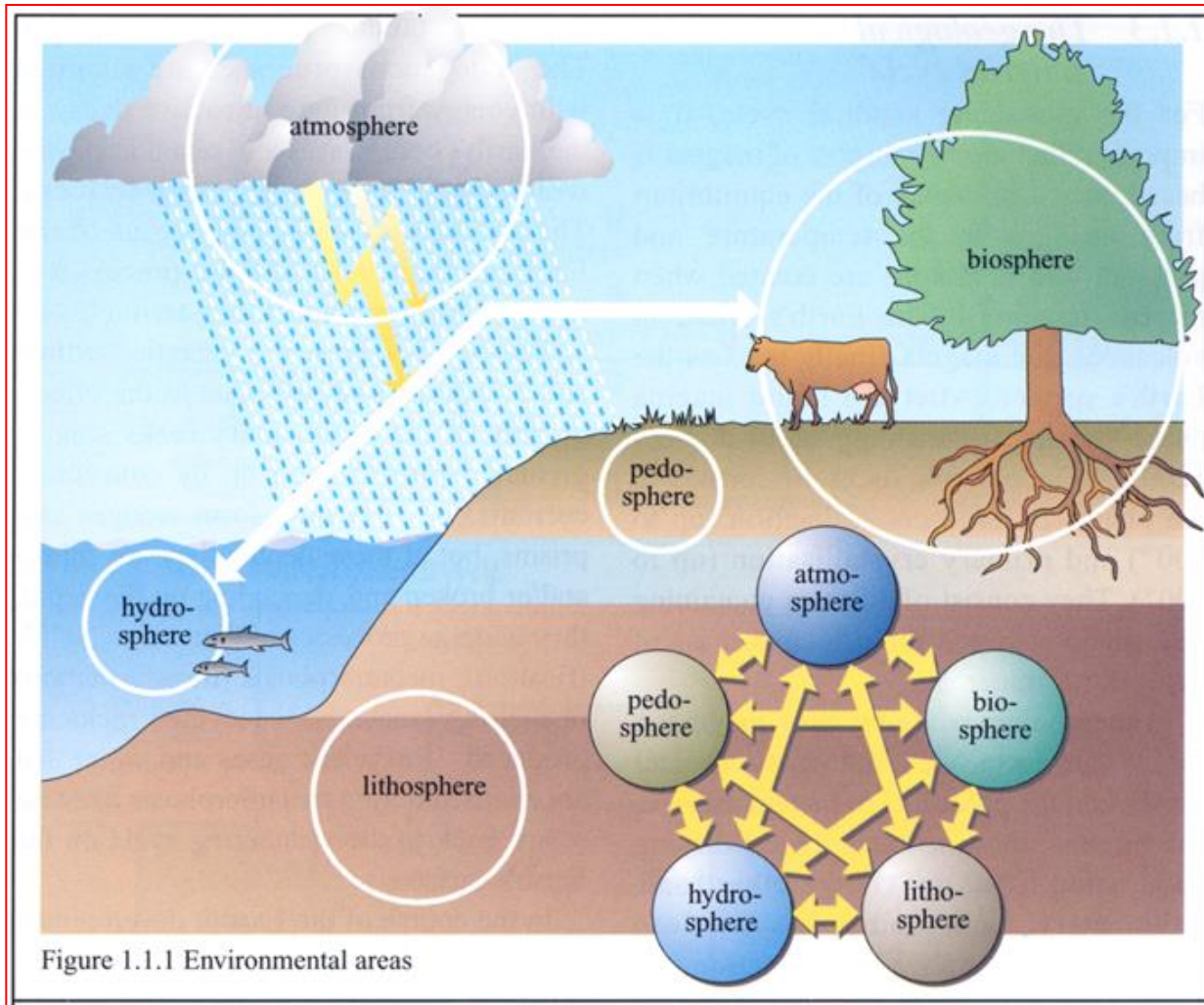
Zemský systém se skládá z menších podsystémů, které spolu intenzivně „komunikují“



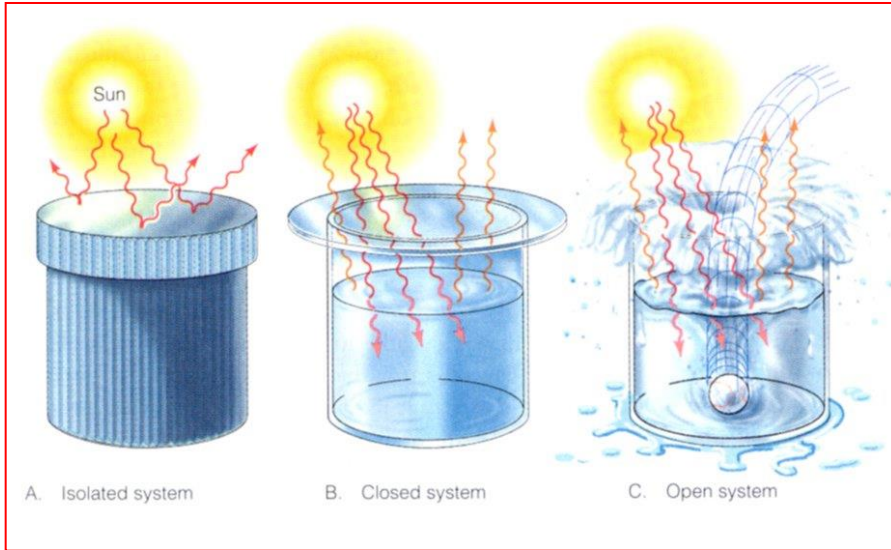
- ↪ atmosféra
- ↪ hydrosféra
- ↪ biosféra
- ↪ litosféra

Ty mohou být rozděleny na další podsystémy – hydrosféra = oceány, ledovce, vodní toky, podzemní voda.

# Složky prostředí



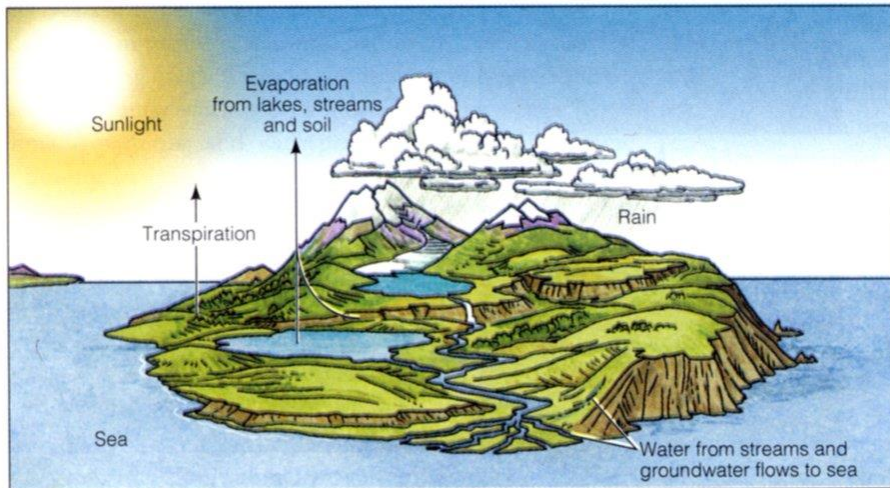
# Systemy



↪ Izolovaný

↪ Uzavřený

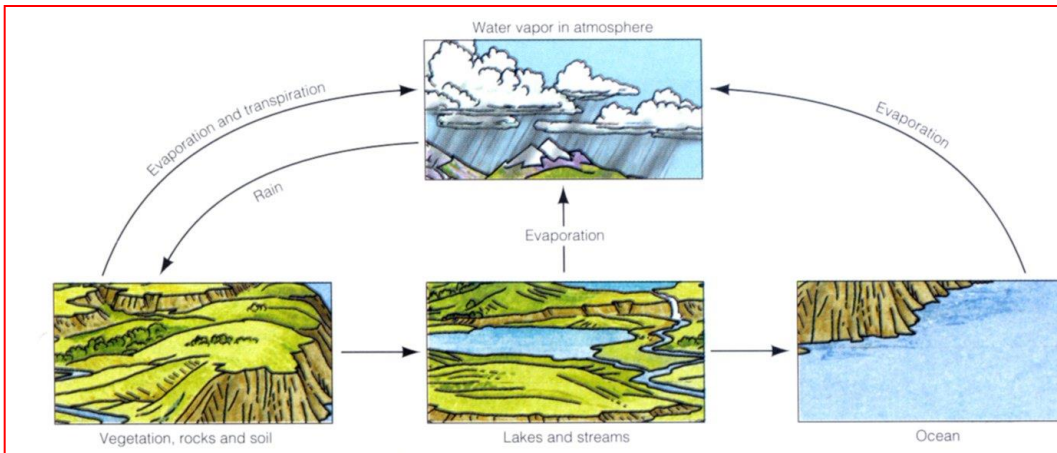
↪ Otevřený



↪ Otevřený

# „Box“ modely

Systemy se obvykle zobrazují jako „box“ modely (snad „krabičkové“). Výhodou je jednoduchost a pohodlí. Ukazují:



- ↪ rychlost toků hmoty a energie z a do systémů
- ↪ celkové množství hmoty a energie v systému

Rezervoáry, doba zdržení, vstupy, výstupy, stacionární stav. Velikost rezervoáru je dána celkovou bilancí (vstupy – výstupy)

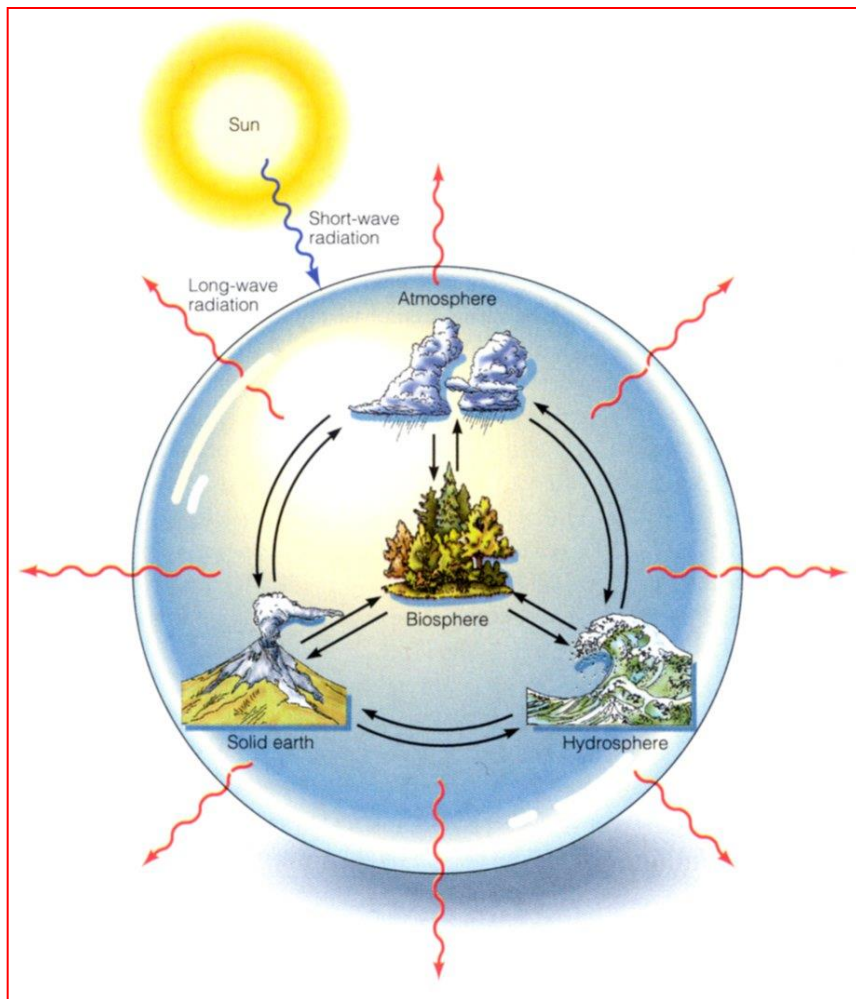
$$r = k \times m$$

Čím provázanější jsou podsystémy a čím jich je víc, tím vyšší stabilita (mnoho cest, jak reagovat na vnější vychylování).

Mnoho cyklů a cest se vzájemně překrývá.



# Život v uzavřeném systému



- ↪ množství hmoty je stálé a konečné (omezené zdroje, omezené možnosti zbavit se nepohodlných látek)
- ↪ změny v jedné části systému se projeví v ostatních částech (podsystemy jsou otevřené) – stavy jemně vybalancovaných a provázaných stacionárních stavů (řetězové přizpůsobení: vulkanická erupce v Indonésii může uvolnit tolik popela do atmosféry, že může dojít ke změně klimatu a záplavám v Jižní Americe a suchům v Kalifornii a tím ovlivnit cenu obilí v západní Africe).

# Dynamické interakce mezi systémy

## Cyklování a recyklování

### Neustálý tok hmoty mezi rezervoáry. Jak to, že...

- ↪ Je složení atmosféry konstantní ??
- ↪ Se nezvyšuje ani nesnižuje salinita oceánů ??
- ↪ Je složení hornin 2 miliardy a 2 miliony starých stejné ??

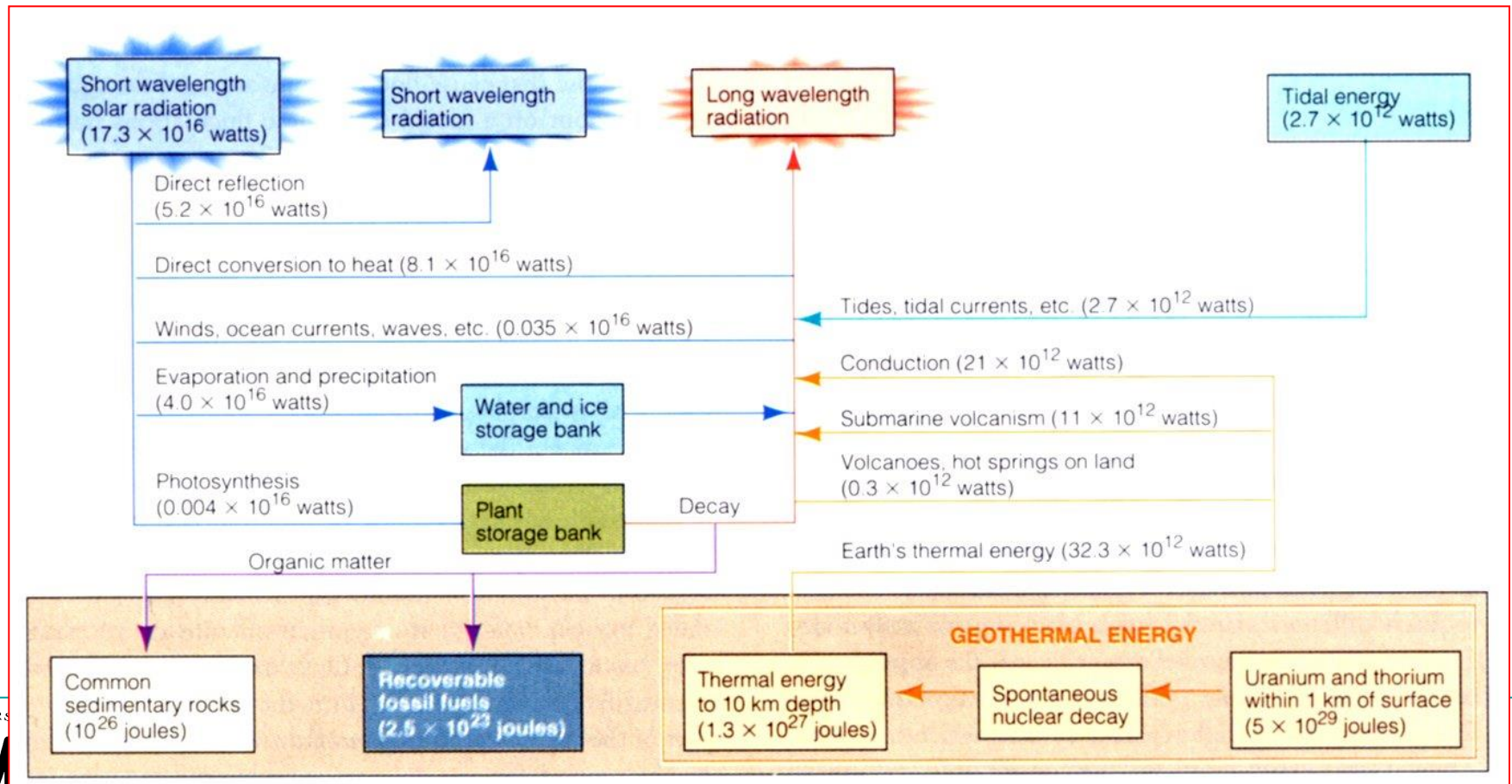
### Přirozený tok hmoty na Zemi – cykly.

Hmota přechází mezi rezervoáry, různé části toků se vzájemně vyrovnávají (jsou obsaženy zpětné vazby):

Množství hmoty, které „přiteče“ je rovno množství hmoty, které „odteče“.

# Energetický cyklus

Zahrnuje externí a interní zdroje energie – pohání globální systém a všechny jeho podcykly. Celkový „rozpočet“ (příjmy a výdaje) energie je vyrovnaný. Pokud by nebyl, Země by se buď přehřívala nebo chladla až do dosažení rovnováhy.



# Energetické vstupy

**Celkový příjem:** 174 000 teraW ( $174\,000 \times 10^{12}$  J/s) (člověk užívá 10 teraW za rok)

**Sluneční záření:** 99,986 % z celkového množství – pohání vítr, déšť, oceánské proudy, vlny; fotosyntézu.

**Geotermální energie:** 23 teraW (0,013 % z celkového příjmu) – vulkanická činnost, horninový cyklus

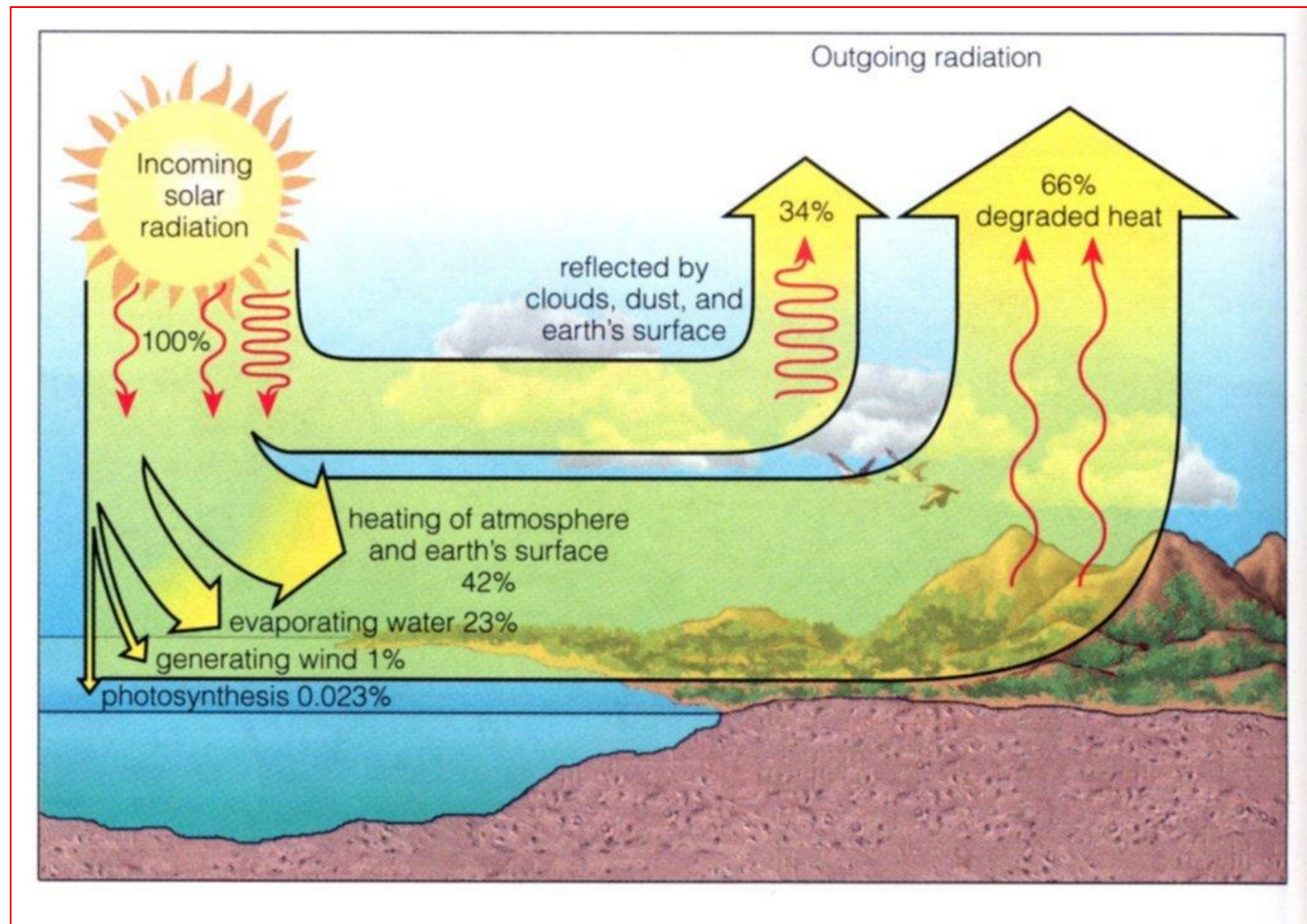
**Energie přílivu:** 3 teraW (0,002 % z celkového příjmu) – rotace Země a gravitační přitažlivost Měsíce; pohyb vodní hmoty vůči horninám působí jako „brzda“ zemské rotace

# Energetické výstupy

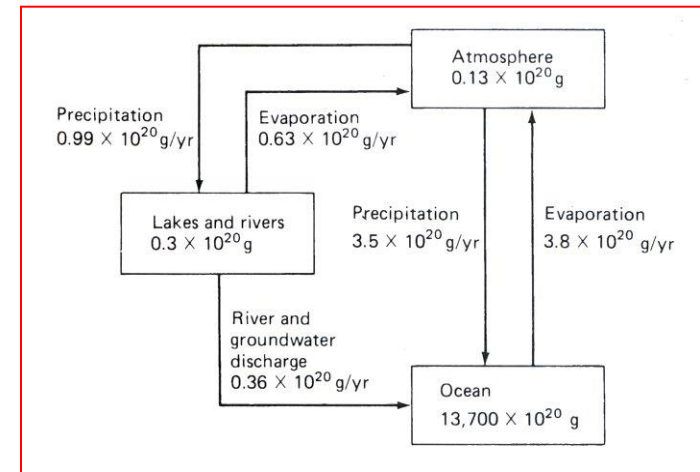
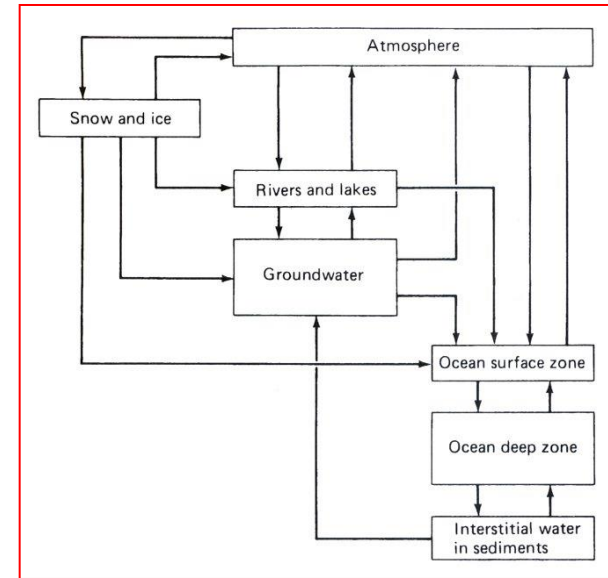
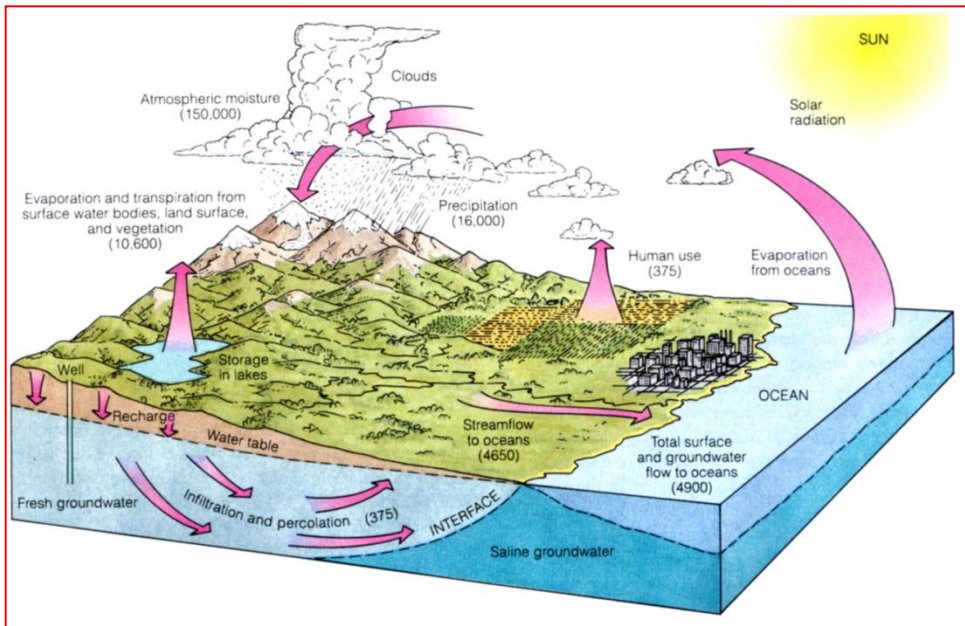
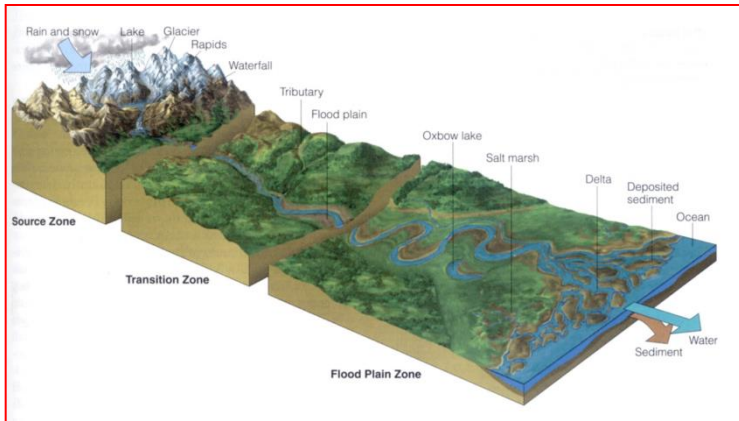
**Odraz** kolem 40 % slunečního záření je nezměněno odraženo zpět (albedo)

**Degradace a znovuvyzáření** 60 % slunečního záření absorbováno, přechází nevratně z jednoho rezervoáru do druhého až skončí jako teplo, které je opět vyzářeno v dlouhovlnné (infračervené) oblasti.

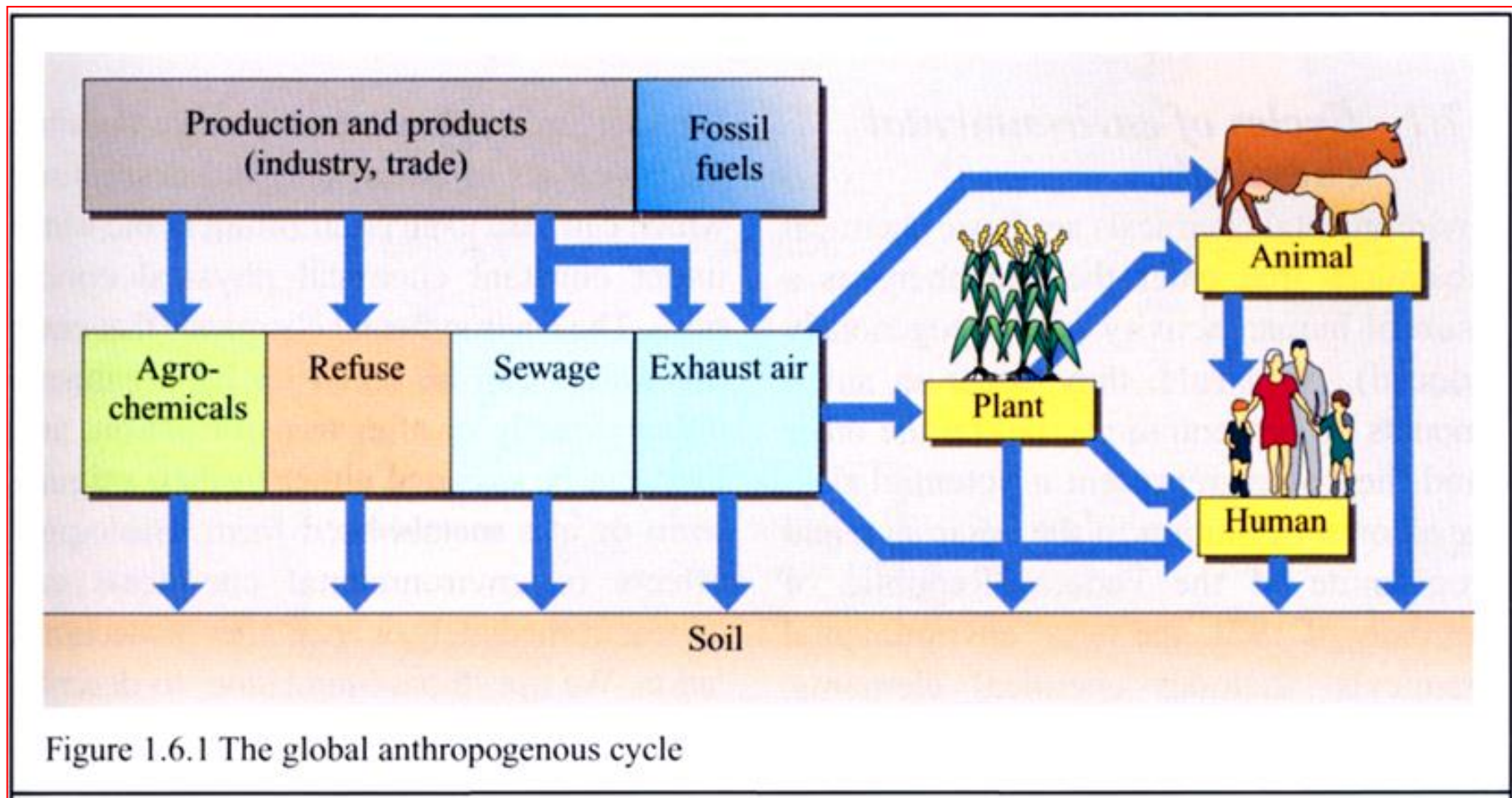
# Energetický cyklus



# Hydrologický cyklus

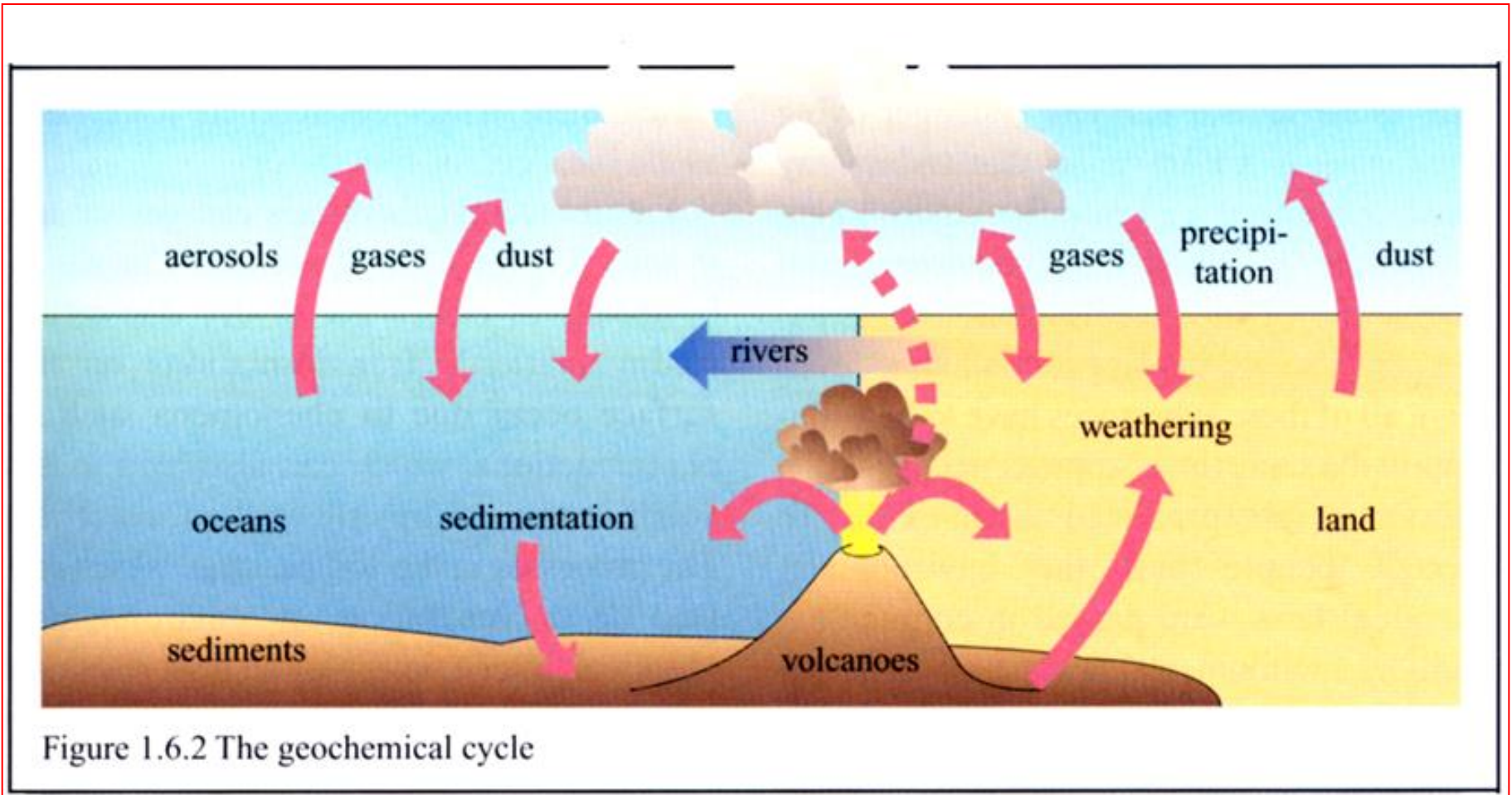


# Globální antropogenní cyklus

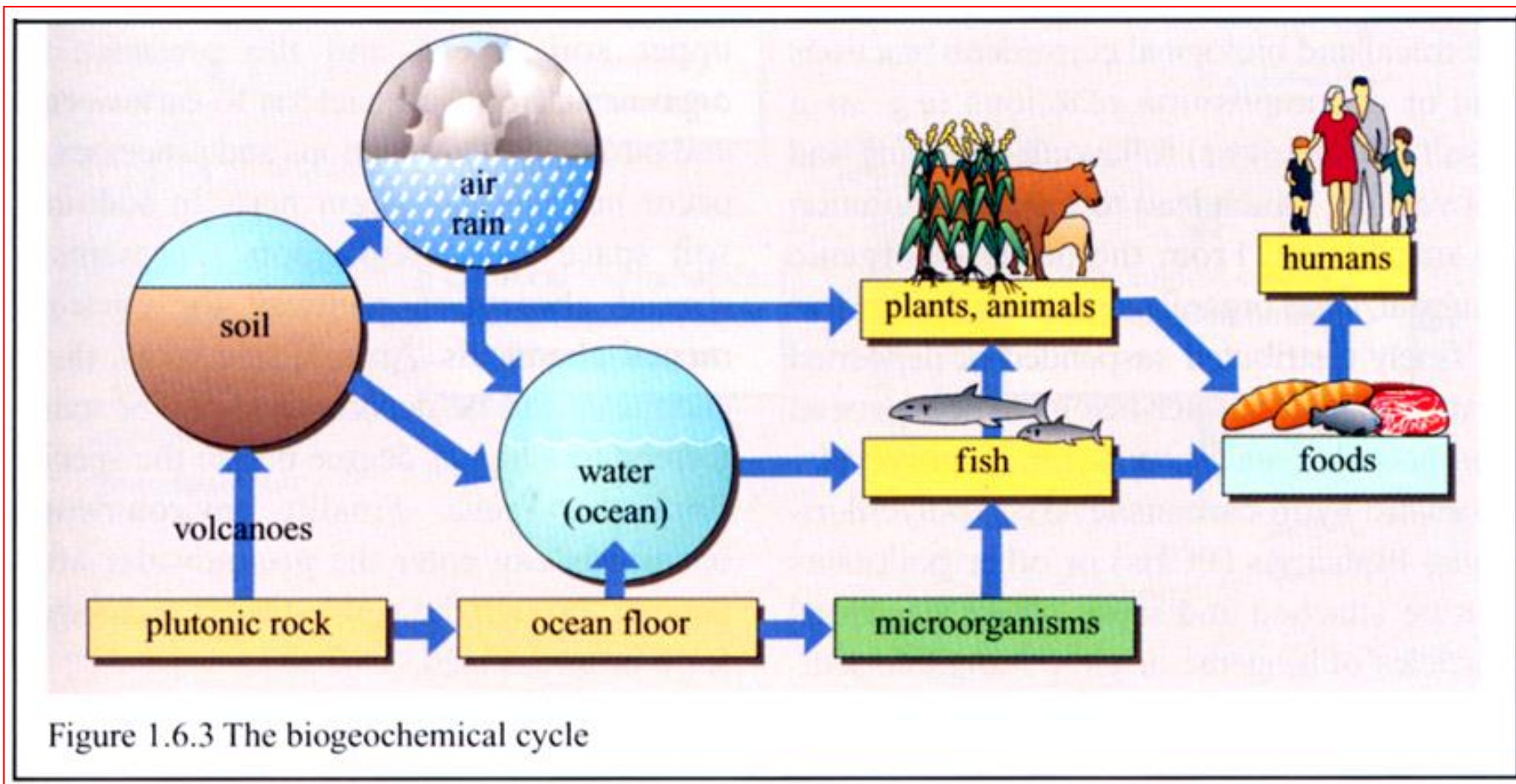




# Geochemický cyklus



# Biochemický cyklus



# Důležité fyzikální vlastnosti současné planety

**Table 1.1** Some important physical properties of the present-day Earth<sup>a</sup>.

Mass / kg	$5.98 \times 10^{24}$		
Radius / m	$6.38 \times 10^6$		
Density / $\text{kg m}^{-3}$	5520		
Distance from sun / km	$1.5 \times 10^8$		
Surface temperature / K	290		
	<b>Atmosphere</b>	<b>Oceans</b>	<b>Land</b>
Mass / kg	$5.27 \times 10^{18}$	$1.37 \times 10^{21}$	
Surface area / $\text{m}^2$		$3.61 \times 10^{14}$	$1.48 \times 10^{14}$
Approximate density / $\text{kg m}^{-3}$	1.3 (at Earth's surface, 0 °C)	1030	2700 (surface rocks)
Major components	$\text{N}_2$ , $\text{O}_2$ , $\text{H}_2\text{O}$ , Ar	$\text{H}_2\text{O}$ , dissolved species $\text{Na}^+$ , $\text{Cl}^-$ , $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Mg}^{2+}$	Si, O, Al, Fe, Ca (as silicates, oxides, carbonates etc.)

<sup>a</sup> Additional data regarding the nature of the Earth are provided in Appendices A.1–A.3.

# Cyklus látek v prostředí

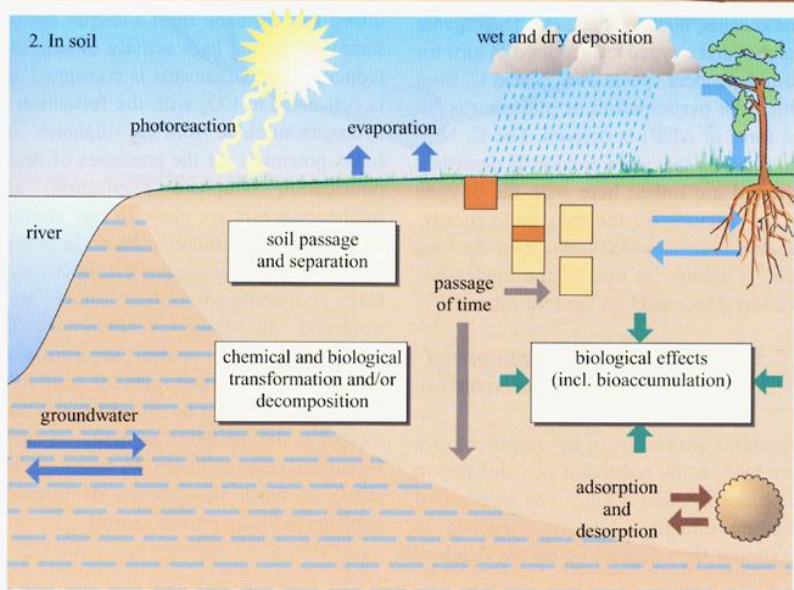
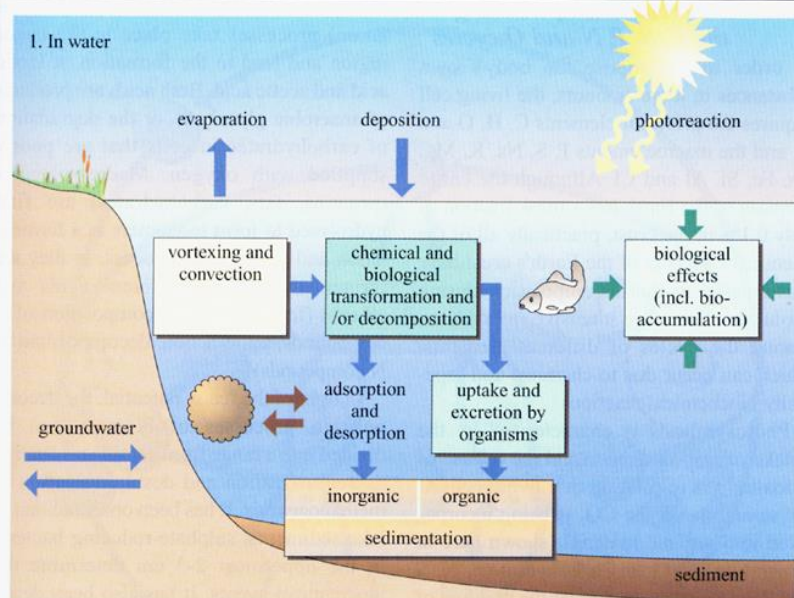


Figure 1.7.1 Cycles of environmental chemicals

# Ovzduší

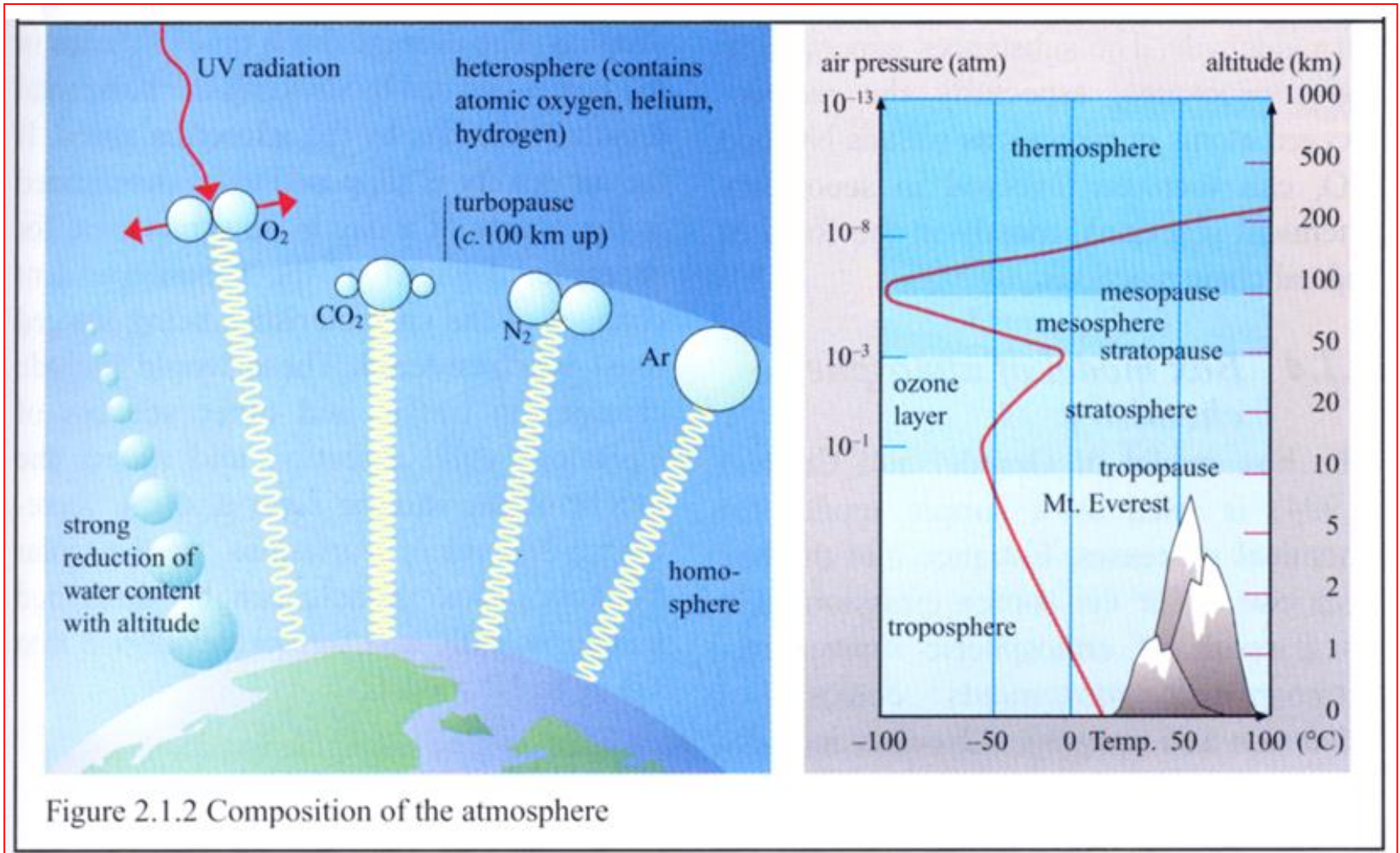
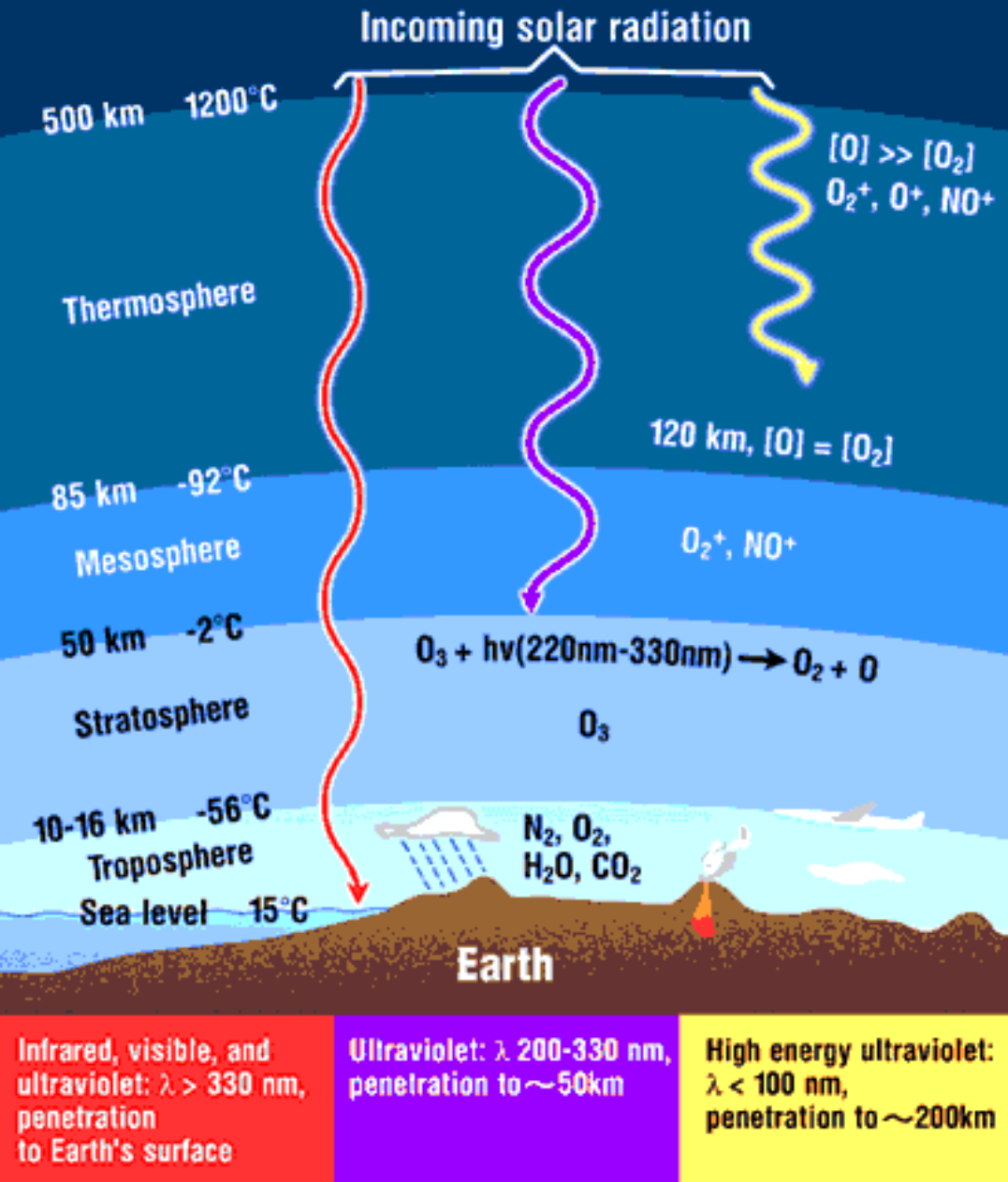
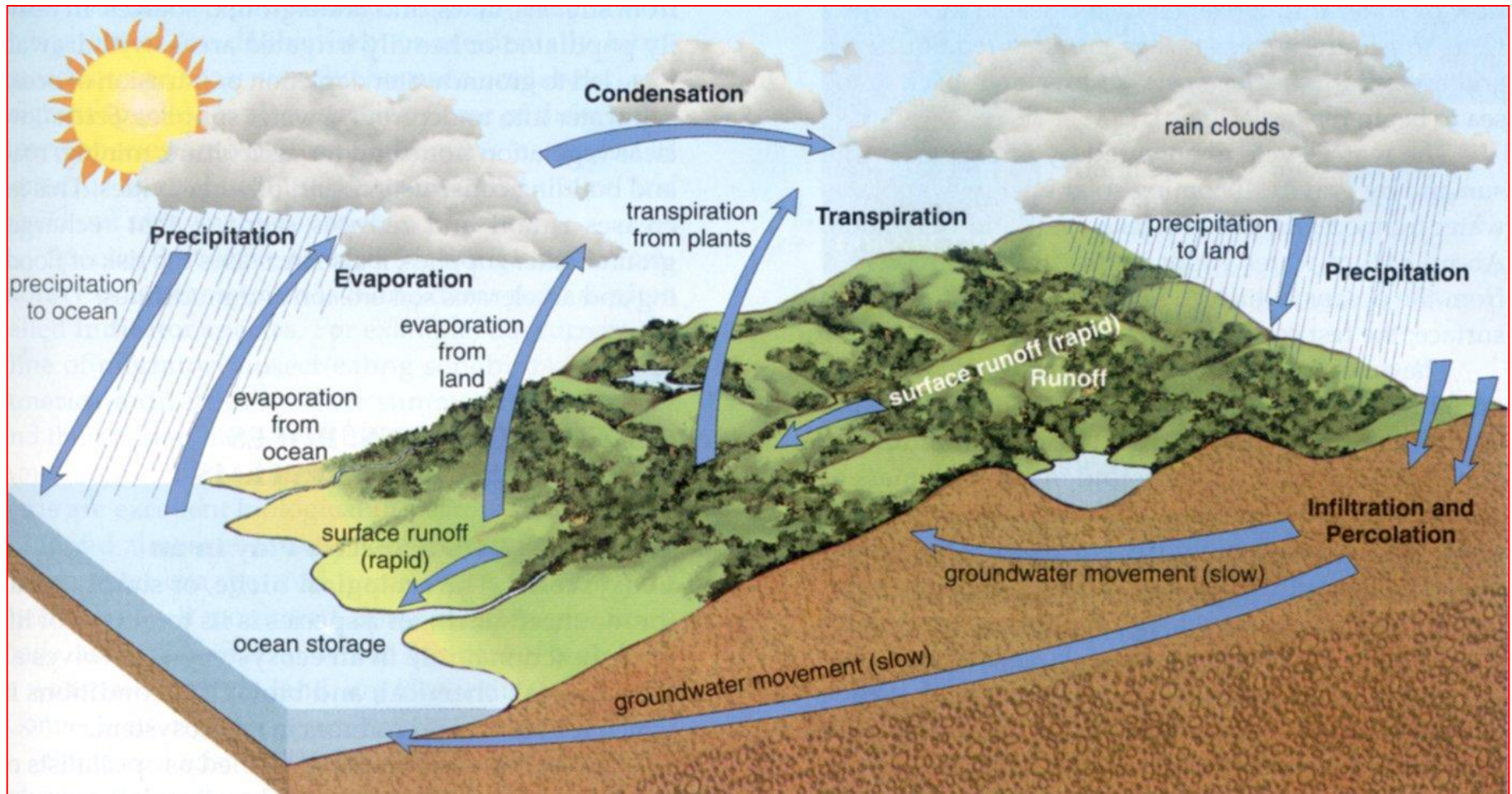


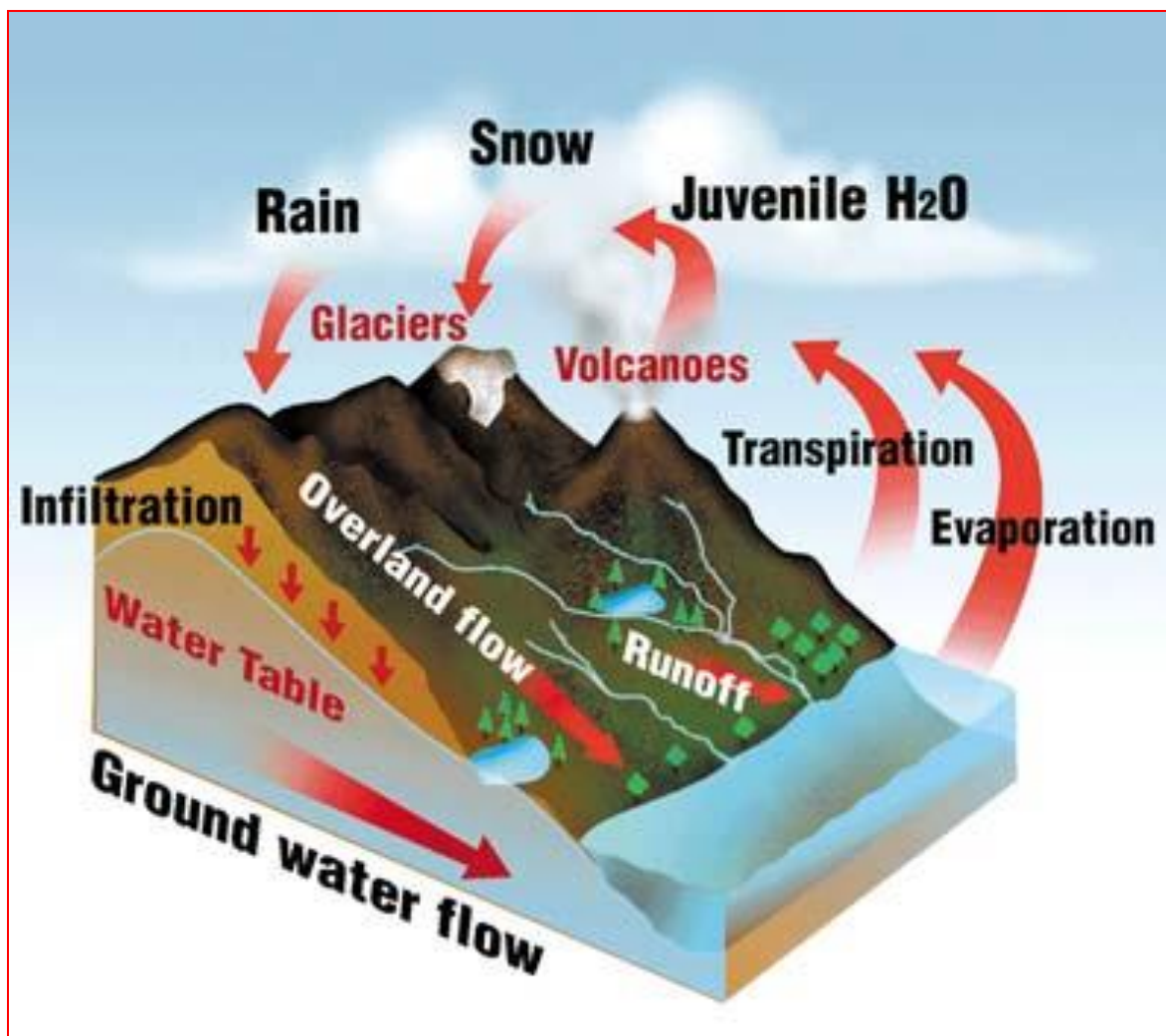
Figure 2.1.2 Composition of the atmosphere



# Hydrologický cyklus



# Hydrologický cyklus





# Hydrologický cyklus

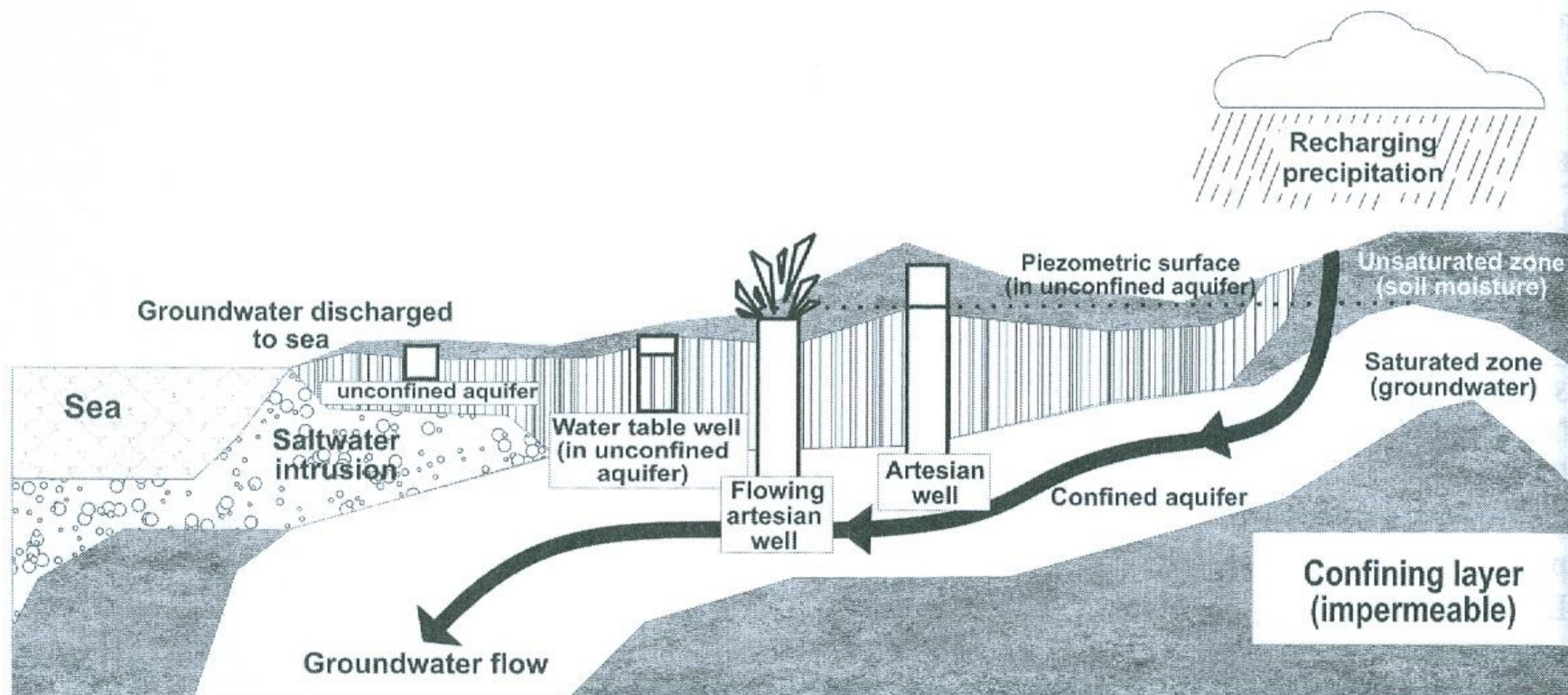
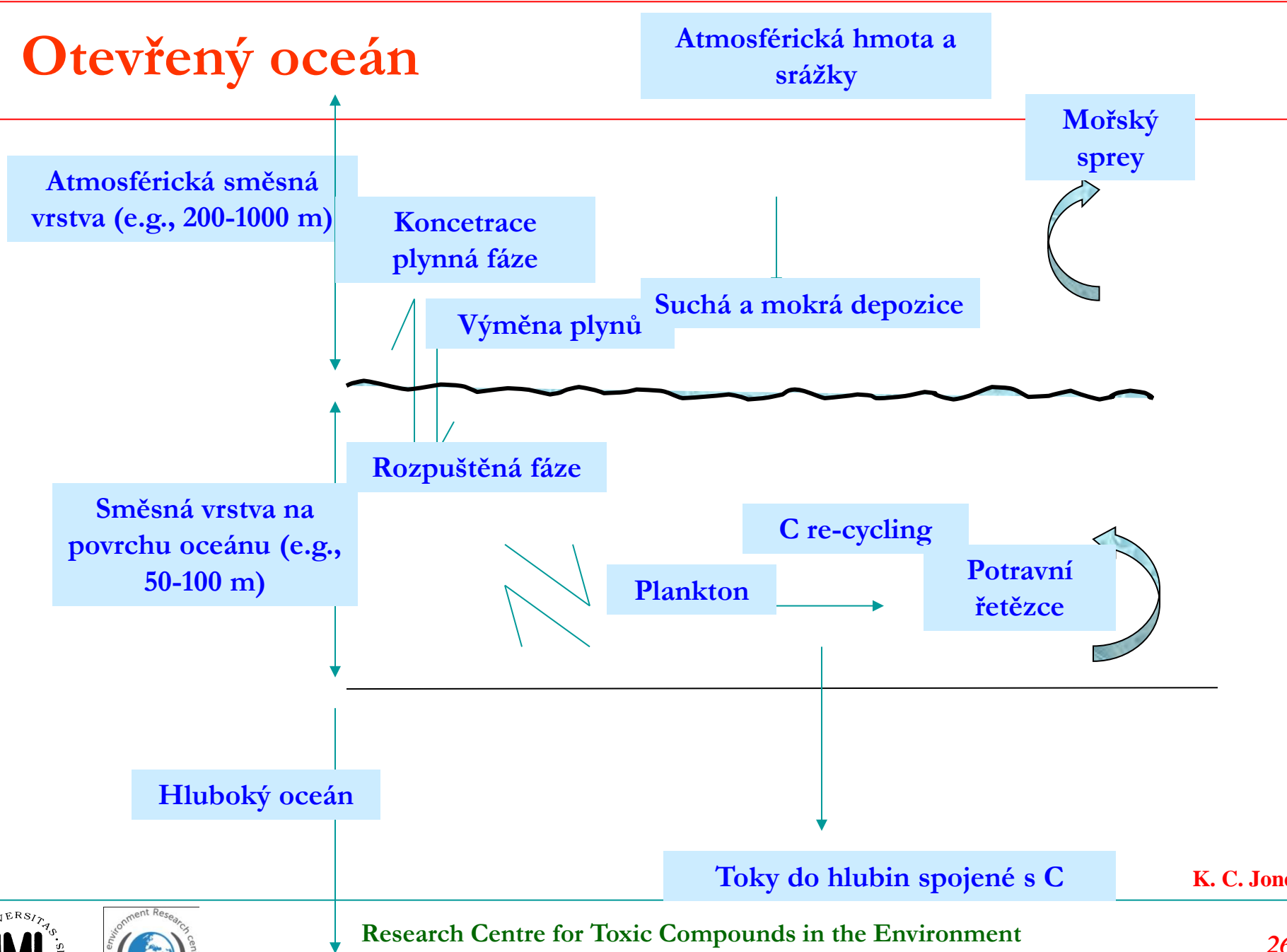


FIGURE 6.4. Types of aquifers, wells, and groundwater flow. (Adapted from: Environment Canada).

# Otevřený oceán

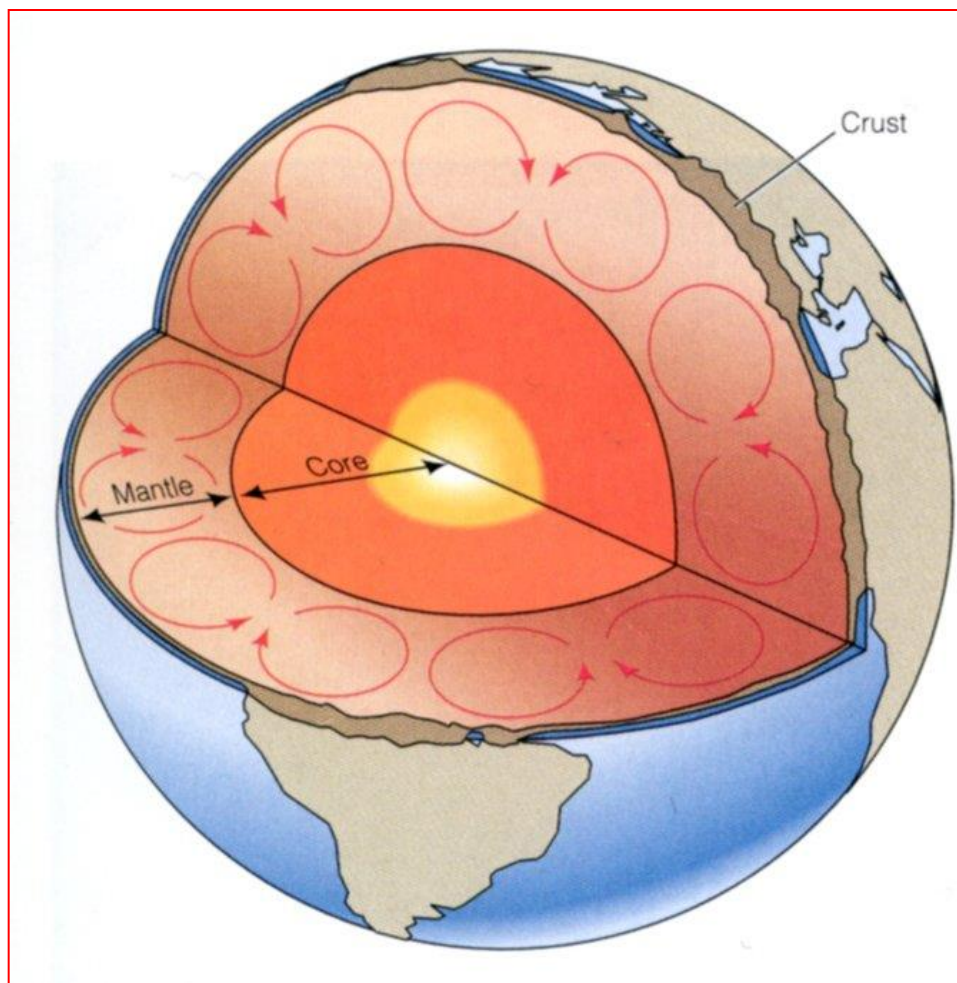


K. C. Jones

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

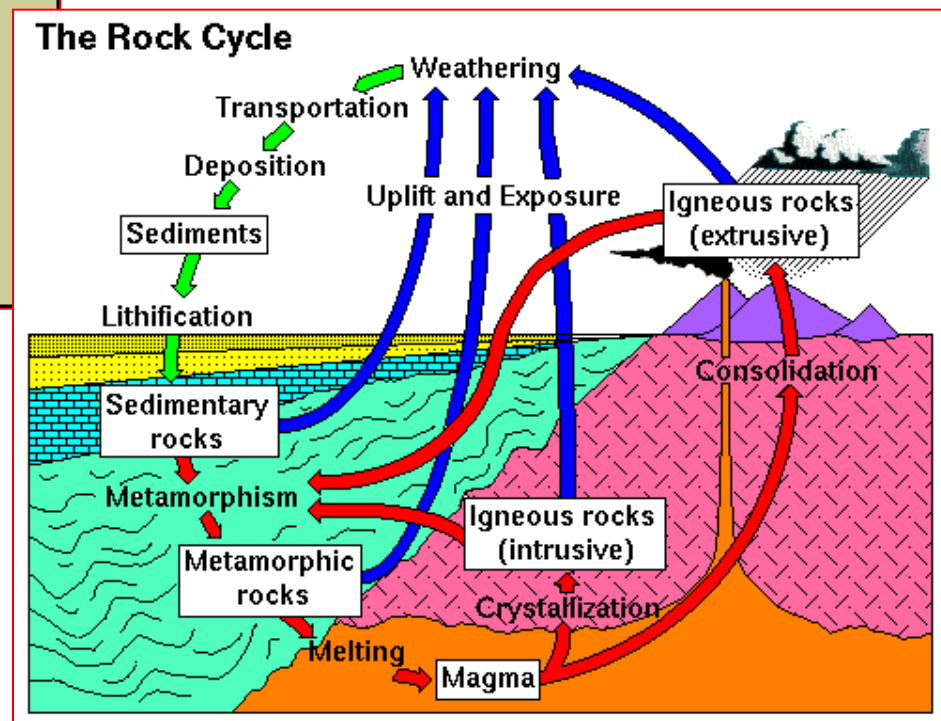
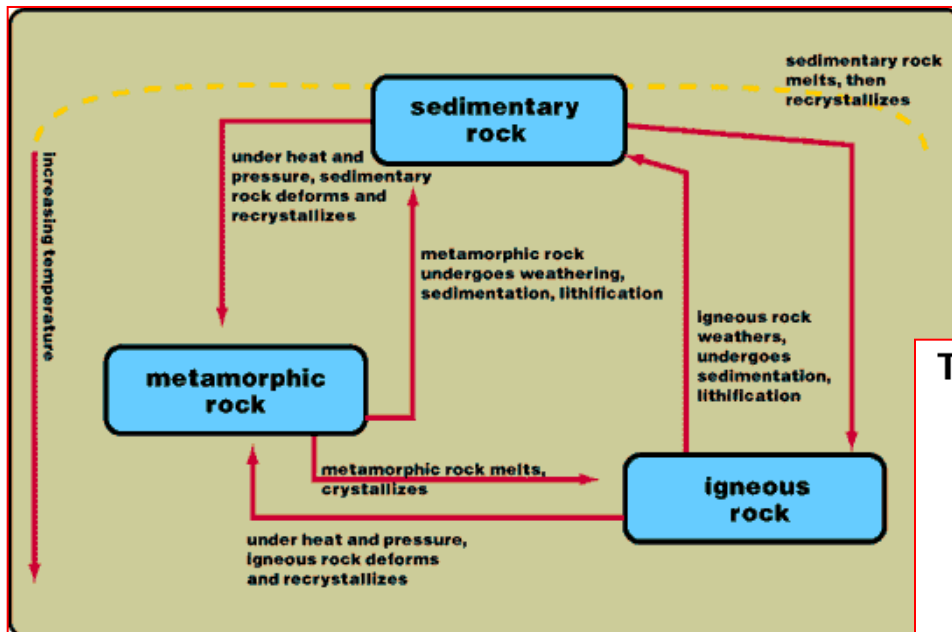
<http://recetox.muni.cz>

# Geosféry a horninový cyklus

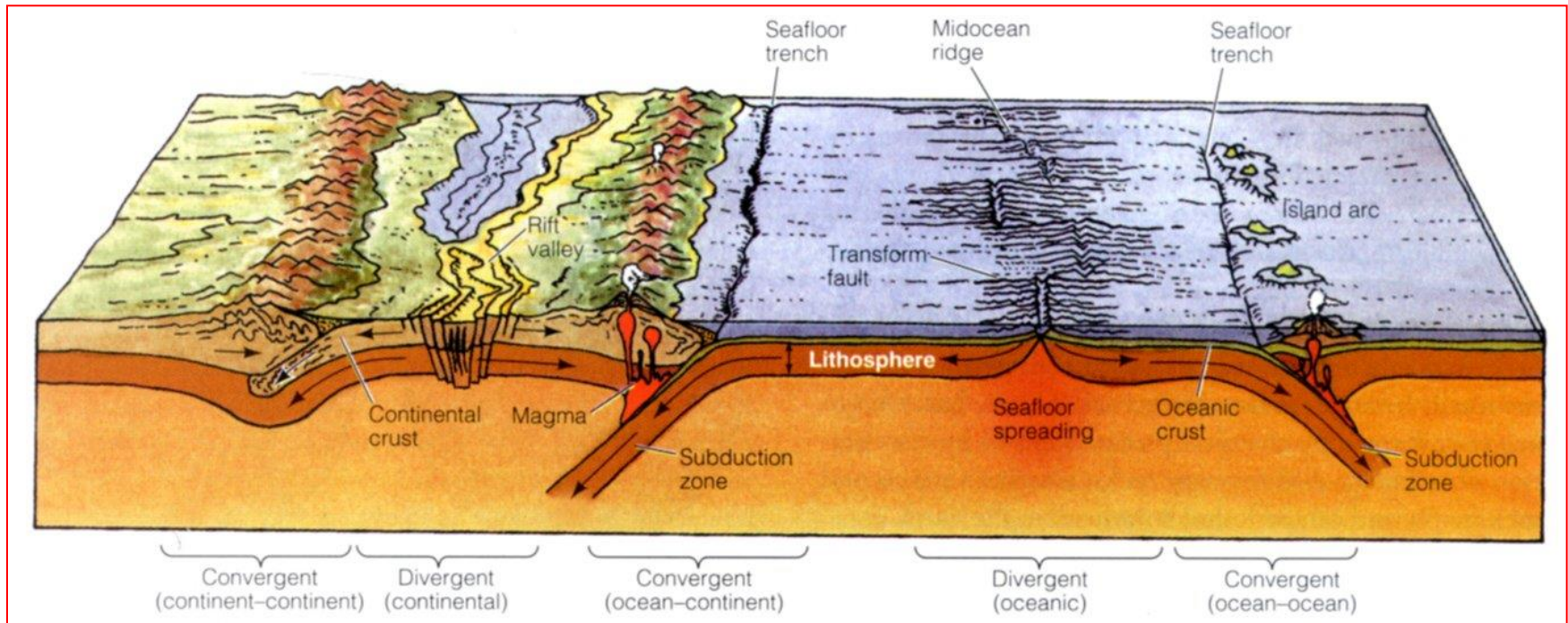


- ↪ Geosféry
- ↪ Zvětrávání a půdy
- ↪ Ztráta půdy

# Geosféry a horninový cyklus



# Geosféry a horninový cyklus



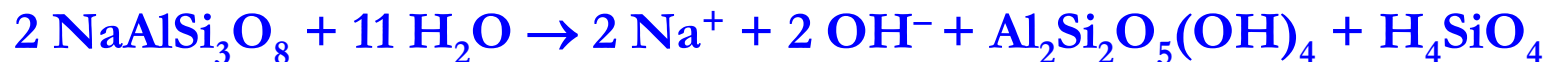
# Zvětrávání

Chemická a fyzikální degradace hornin na relativně jemné částice (půdy a sedimenty) a rozpuštěné látky, klíčový prvek exogenního geochemického cyklu



- ↗ salinita oceánů
- ↗ výživa pro biotu
- ↗ rudy
- ↗ transformace povrchu
- ↗ spotřeba  $H^+$
- ↗ spotřeba  $CO_2$

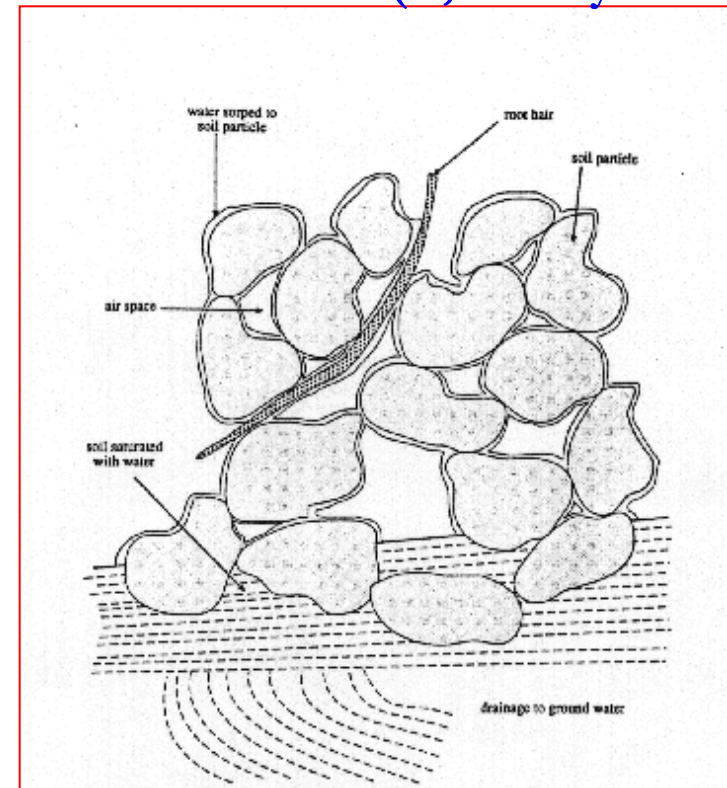
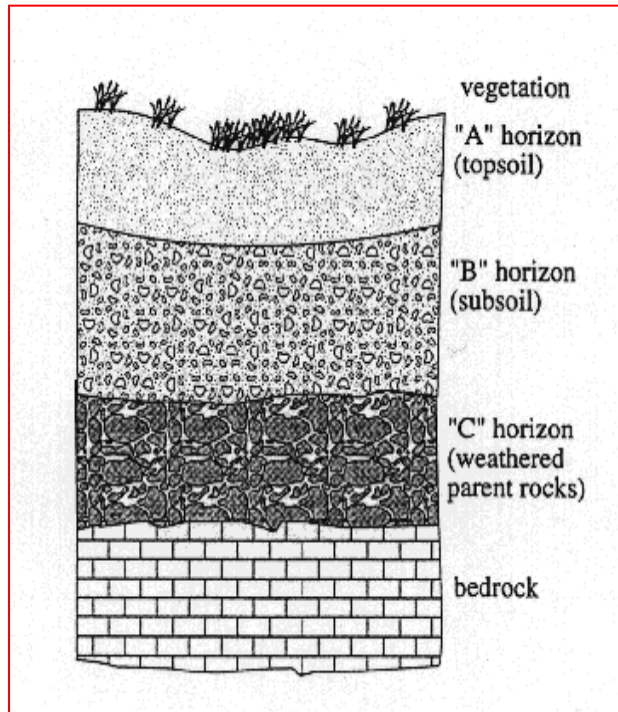
# Zvětrávání



mnohotvárnost reakcí proti vysokoteplotním procesům

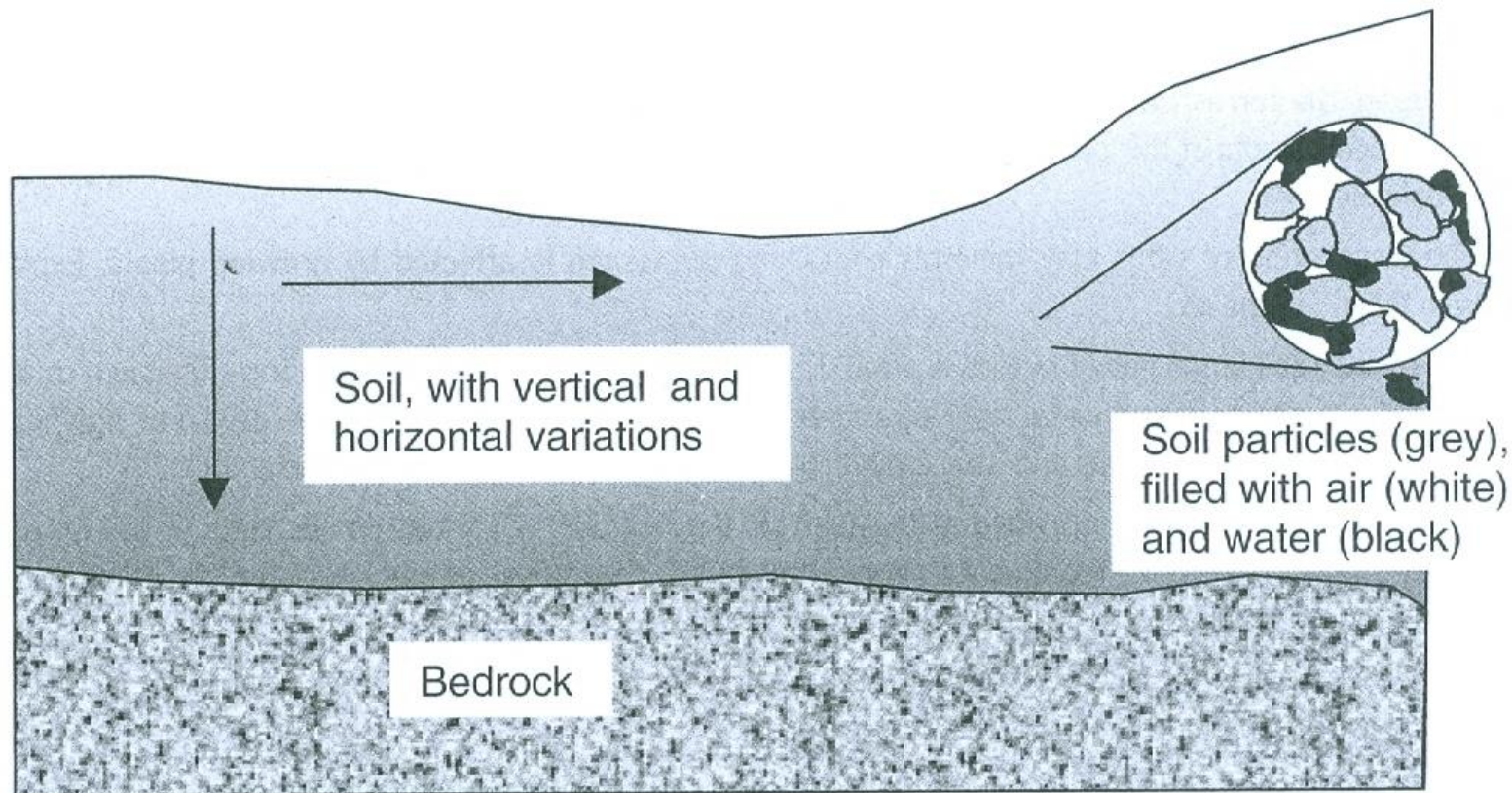
# Půda

- ↪ směs produktů zvětrávání, organických látek a zbytků původních hornin a vody
- ↪ typická půda 5 % organických látek, 95 % anorganických
- ↪ posloupnost vrstev (půdní profil); složení je závislé na klimatu (T, srážky atd.), vegetaci, času, podložní hornině





# Půdní povrchová vrstva



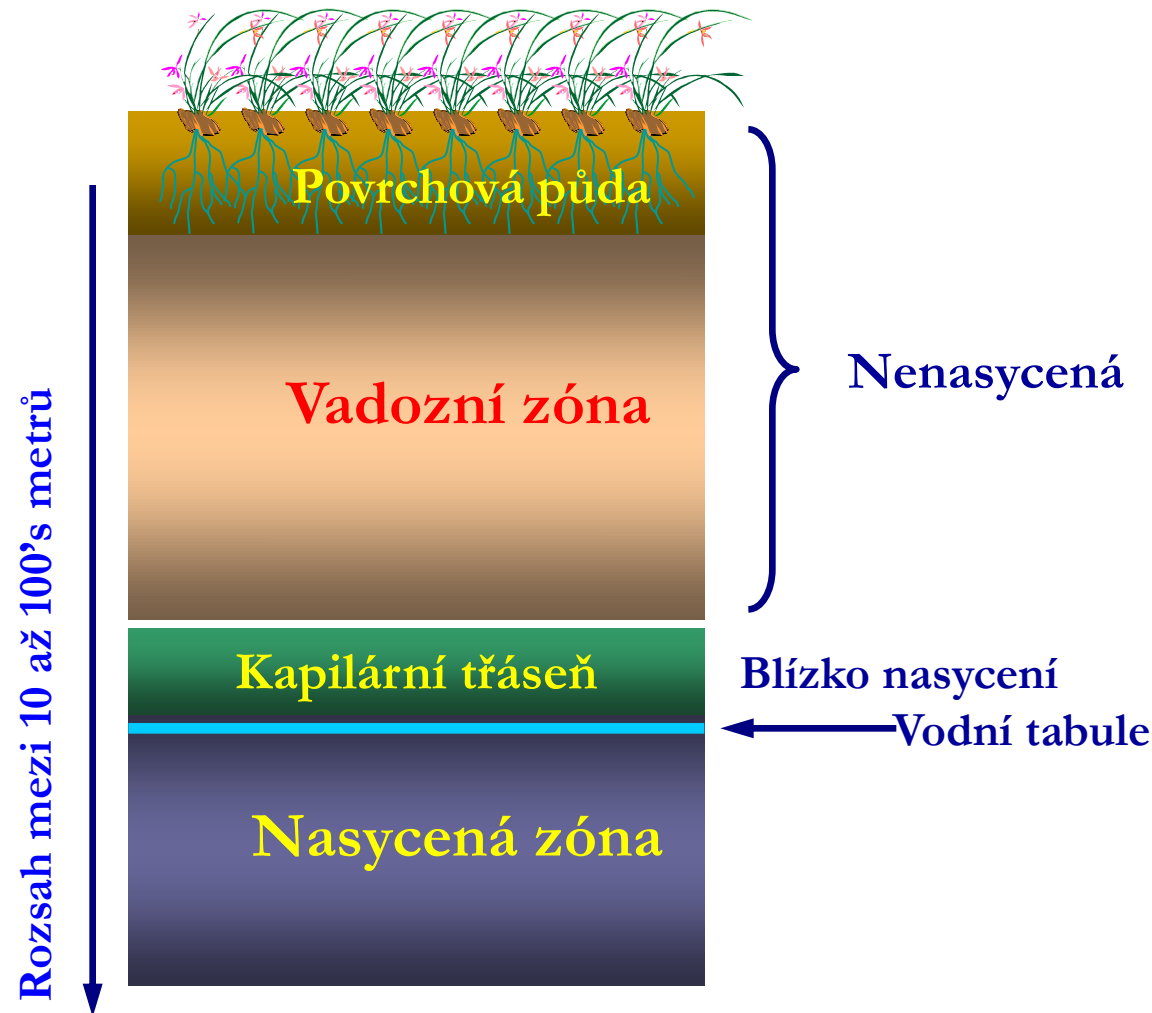
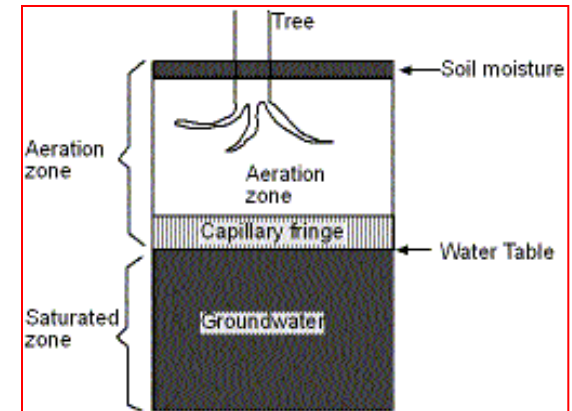
**Fig. 17.2** Soil, the surface layer of much of the terrestrial environment. A three-phase mixture, it consists of finely divided organic and inorganic particles and pore spaces filled with water and / or air. The soil is highly heterogeneous in both the vertical and horizontal dimensions.

# Lito-ekosféra

Každá zóna obsahuje:

1. Minerální frakce
2. Organická frakce
3. Kapalná fáze
4. Plynná fáze

## Interakce



# Geochemie půdy

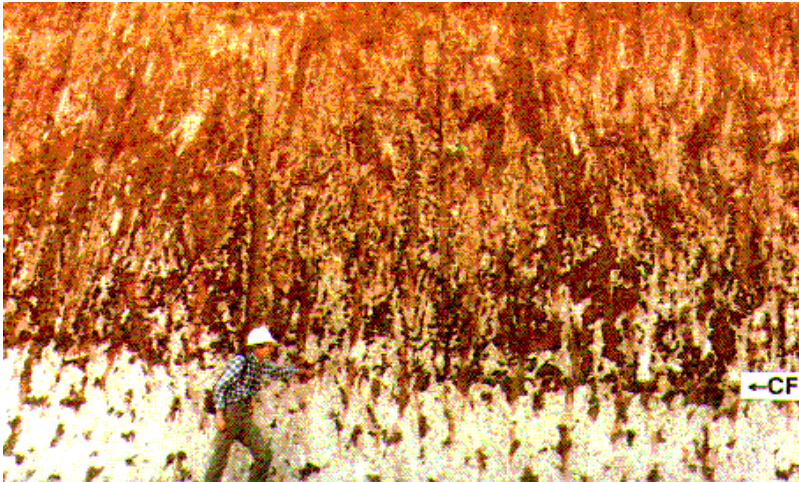


- ↪ Acidobazické a výměnné reakce v půdách
- ↪ Makroživiny
- ↪ Mikroživiny
- ↪ Pesticidy a chemické odpady v půdách
- ↪ Ztráta půdy - dezertifikace

# Ztráty půdy

↪ eroze

↪ dezertifikace

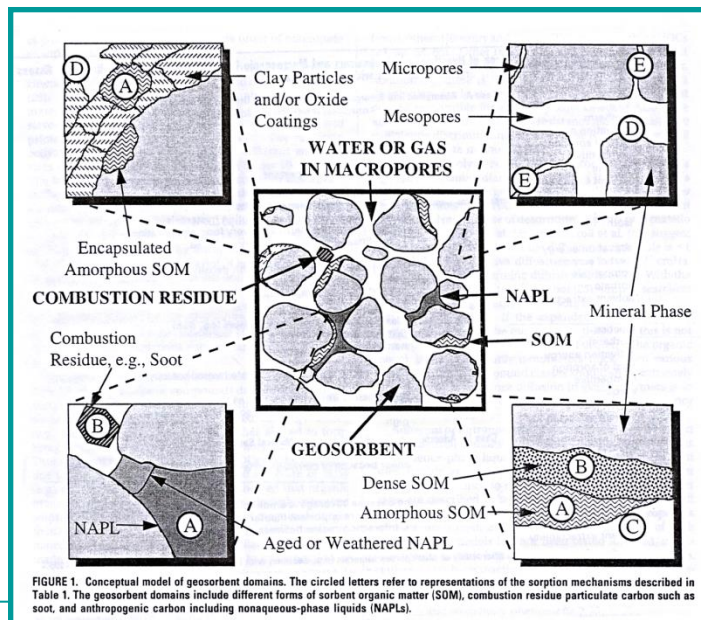


# Kumulace chemických látek v půdách a jejich osud

Výměna  
vzduch - povrch

Přímé  
aplikace

‘Occlusion’



Biodegradace

Fyzikální mísení –  
‘zředění’ s hloubkou

K. C. Jones

Research Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

# Ekosystém

## Terestrický (suchozemský)

- louky, lesy, pole



## Akvatický (vodní)

- mořský

- sladkovodní

- řeky, rybníky, podzemní vody, močály



# Ekosystém

## Neživé složky ekosystémů

- Podloží
- Půda
- Voda
- Sedimenty
- Ovzduší
- Klima, krajina

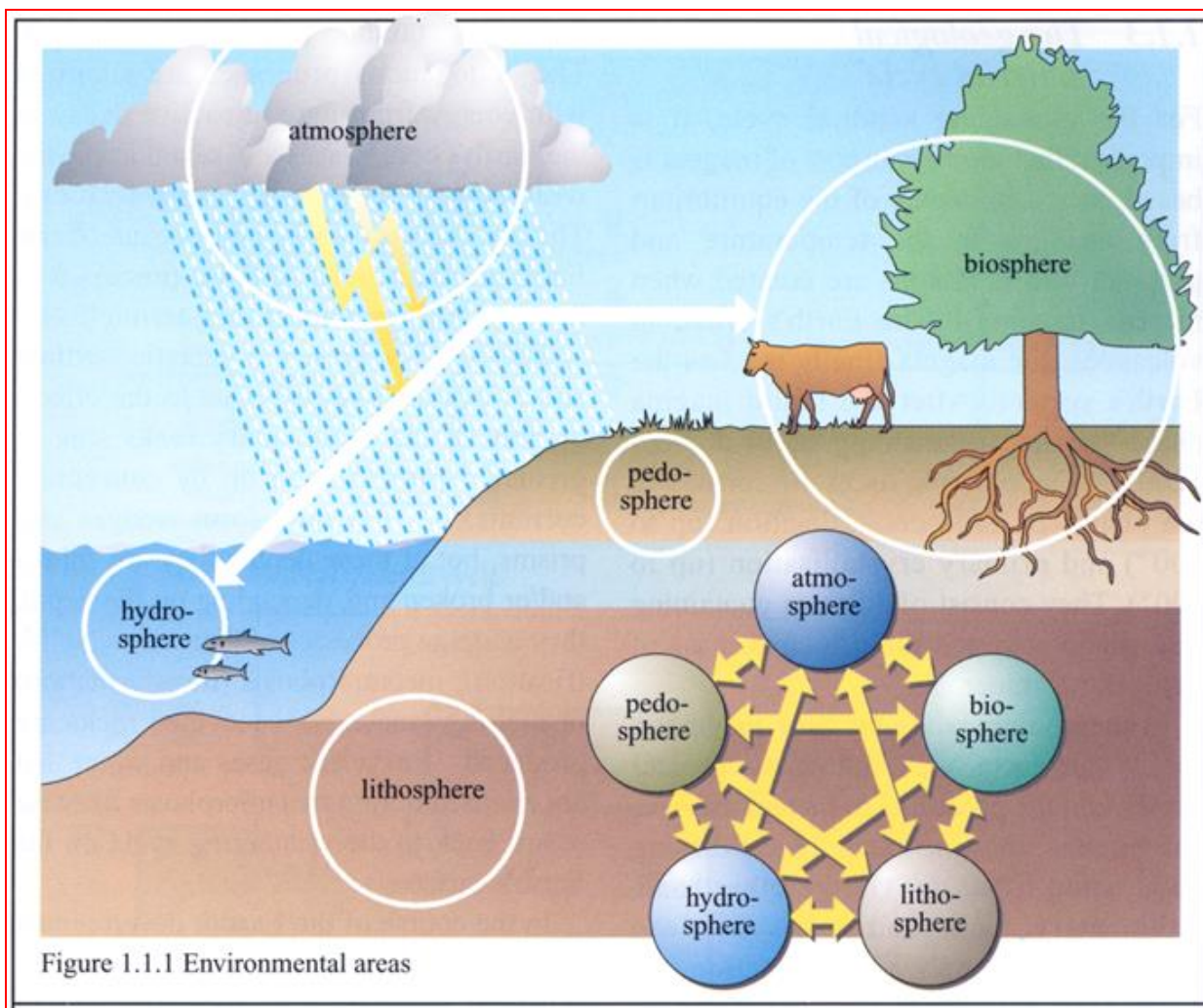


## Organismy

- Viry
- Bakterie
- Houby
- Rostliny
- Živočichové
- + Člověk



# Složky prostředí





# Ekosystém

Ucelený soubor organismů a jejich prostředí – prostředí je zpravidla primární a určující.

Tvoří **základní strukturně funkční jednotku** krajiny i celé biosféry.

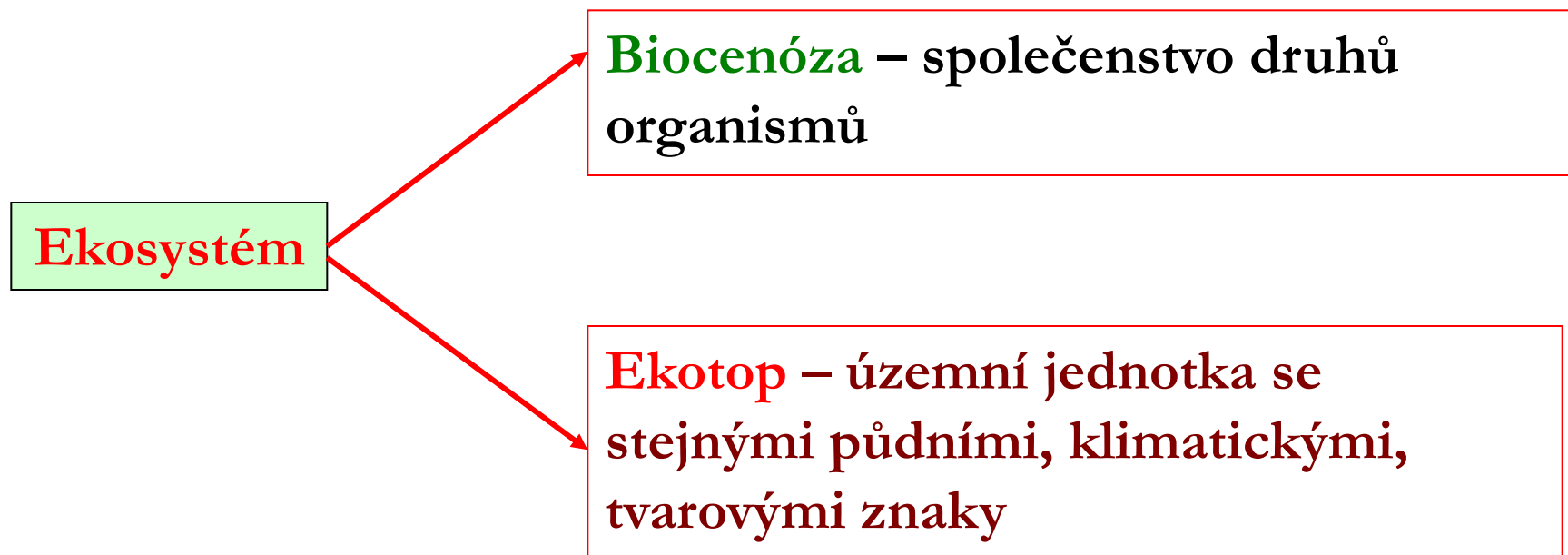
Je prostorový útvar, v němž biotické (živé) a abiotické (neživé) složky jsou vzájemně propojené rozmanitými **vztahy**

# Ekosystém

**Fyzikální parametry** – sluneční záření (zdroj E), T a její kolísání, vlastnosti okolního prostředí (A, W, S).

**Chemické parametry** – složení prostředí.

Vedle živé složky (biocenóza) zahrnuje i neživé prostředí (biotop)



# Typy ekosystémů

Podle míry ovlivnění člověkem rozlišujeme

↪ přírozené ekosystémy (bučina, rašeliniště aj.)

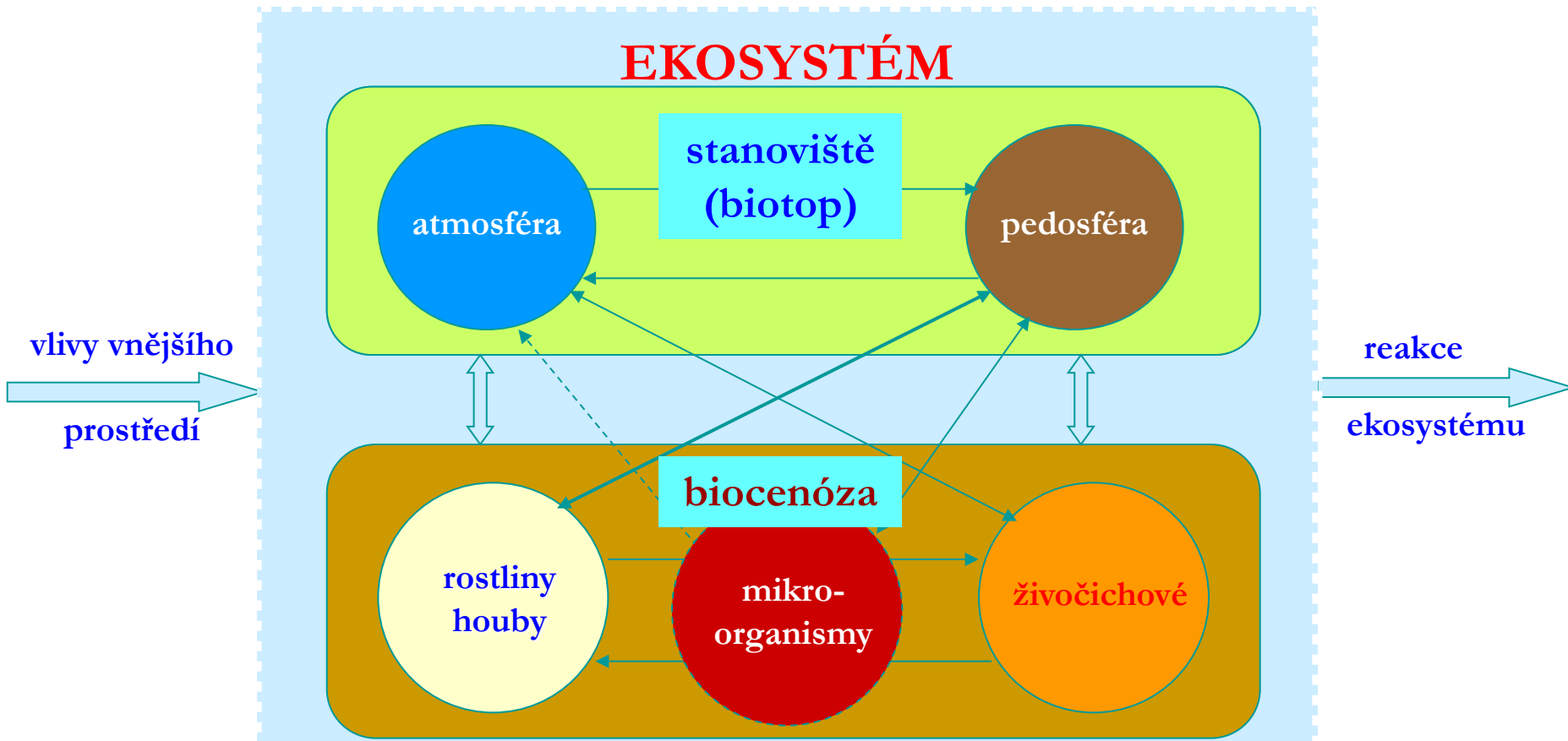
↪ umělé ekosystémy (smrková monokultura, pole, vinice atp.)



# Typy ekosystémů (biotopů) v ČR

- ↪ skály, sutě, jeskyně
- ↪ suché bezlesé biotopy (primární a sekundární bezlesí)
- ↪ rybníky a tůně
- ↪ tekoucí vody (řeky s hlubokou erozí, boční erozí a větvením koryta)
- ↪ mokřady (rašeliniště, vrchoviště, slatiny, travertiny, eutrofní mokřady, slaniska)
- ↪ hory
- ↪ lesy
- ↪ tradiční kulturní krajina s převahou zemědělství (kulturní step, vesnice, louky, pole)
- ↪ moderní průmyslová krajina (lidská sídla, synantropizace..)

# Schéma ekosystémů



Všechny ekosystémy jsou charakterizovány především:

tokem energie

koloběhem látek

vývojem

# Ekosystém – otevřený systém

Ekosystémy jsou **otevřené systémy**, které se svým okolím vyměňují energii i látky:

## Vstupy:

- ↙ Sluneční záření
- ↙ Oxid uhličitý
- ↙ Voda
- ↙ Živiny (minerály uvolňované do půdy zvětráváním horninového podloží, atmosférický spad nebo příchod nových druhů organismů či jejich diaspor)

# Ekosystém – otevřený systém

## Výstupy:

- ↪ Vyzařování (odpadní teplo)
- ↪ Vymýváním látek z půdy
- ↪ Povrchový odtok
- ↪ Větrná eroze
- ↪ Vystěhování organismů
- ↪ Sklizeň biomasy z obdělávaných ekosystémů (pole, louky)

# Ekosystém

**Ekosystém** – společenstva rostlin, živočichů a protistů – tvořená populacemi příslušníků jednotlivých druhů

**Biom**



Soubor ekosystémů podobných typů

**Úrovně biologické organizace:** molekula – část buňky – buňka – tkáň – orgán – organismus – populace – společenstva organismů – ekosystém - biom

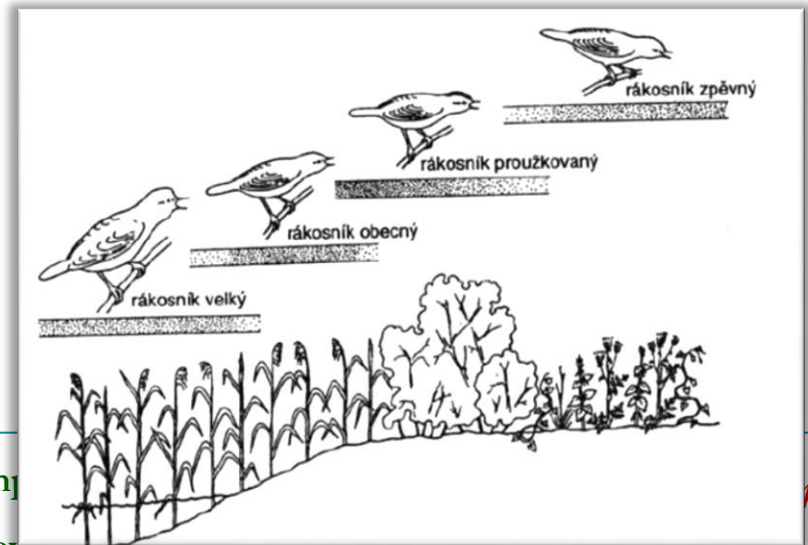
**Ekologická nika** – určitá funkce, kterou má ten či onen druh v daném ekosystému



# Ekologická nika

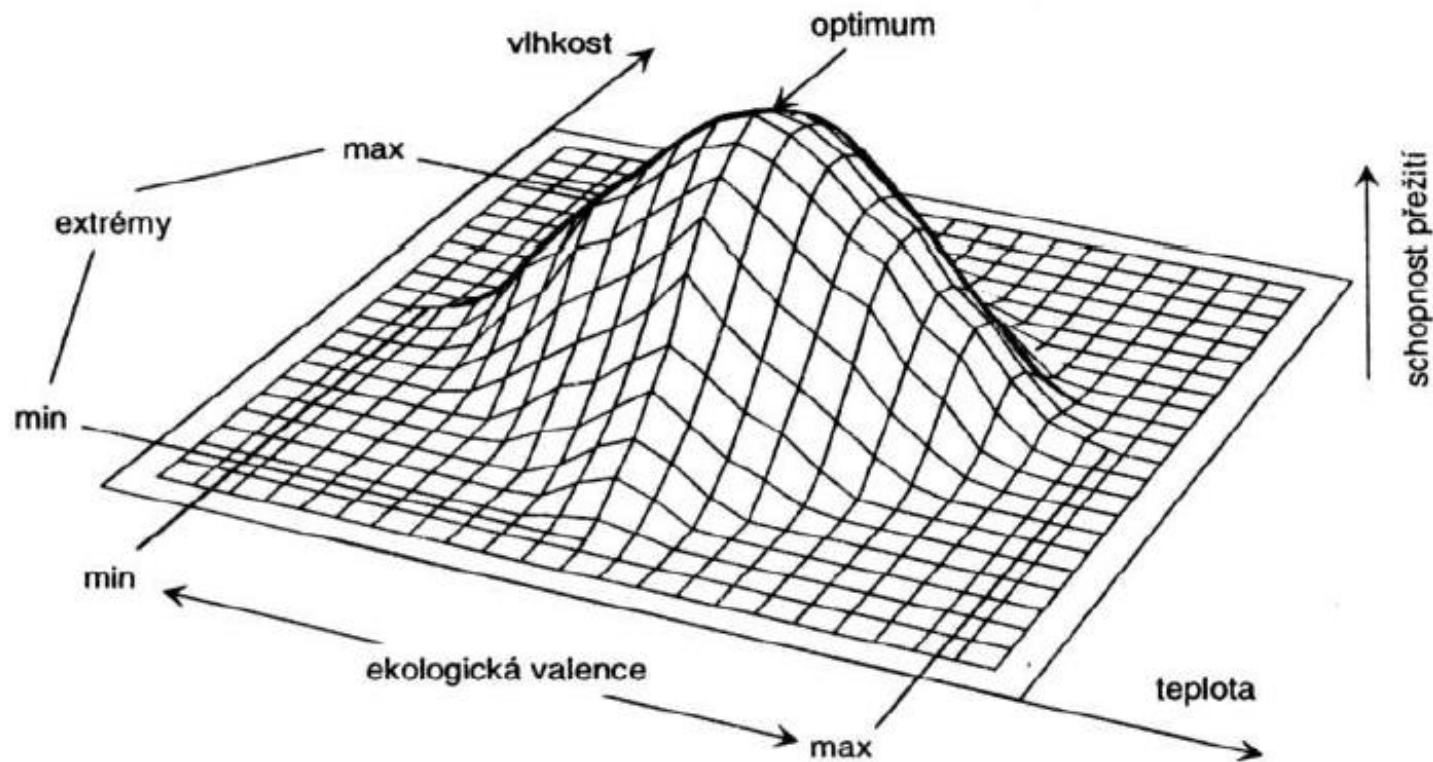
- komplexní začlenění druhu v prostředí
- zahrnuje zapojení druhu v potravních sítích (potravní nároky), požadavky na další zdroje (světlo, voda, minerální látky), jeho prostorové návyky (umístění hnízda, místa výskytu, odpočinku, úkryty), časové rozložení aktivity (denní a sezónní rytmy), požadavky na místa a období rozmnožování apod.
- každý druh se vyznačuje specifickou ekologickou nikou
- čím jsou si ekologické niky dvou druhů podobnější, tím více interakcí mezi nimi nastává !

- **Základní nika** – výsledek evoluční historie druhu, představující geneticky daný potenciál jeho funkčního zapojení
- **Realizovaná nika** – je výsledkem konkrétní situace v obývaném prostředí

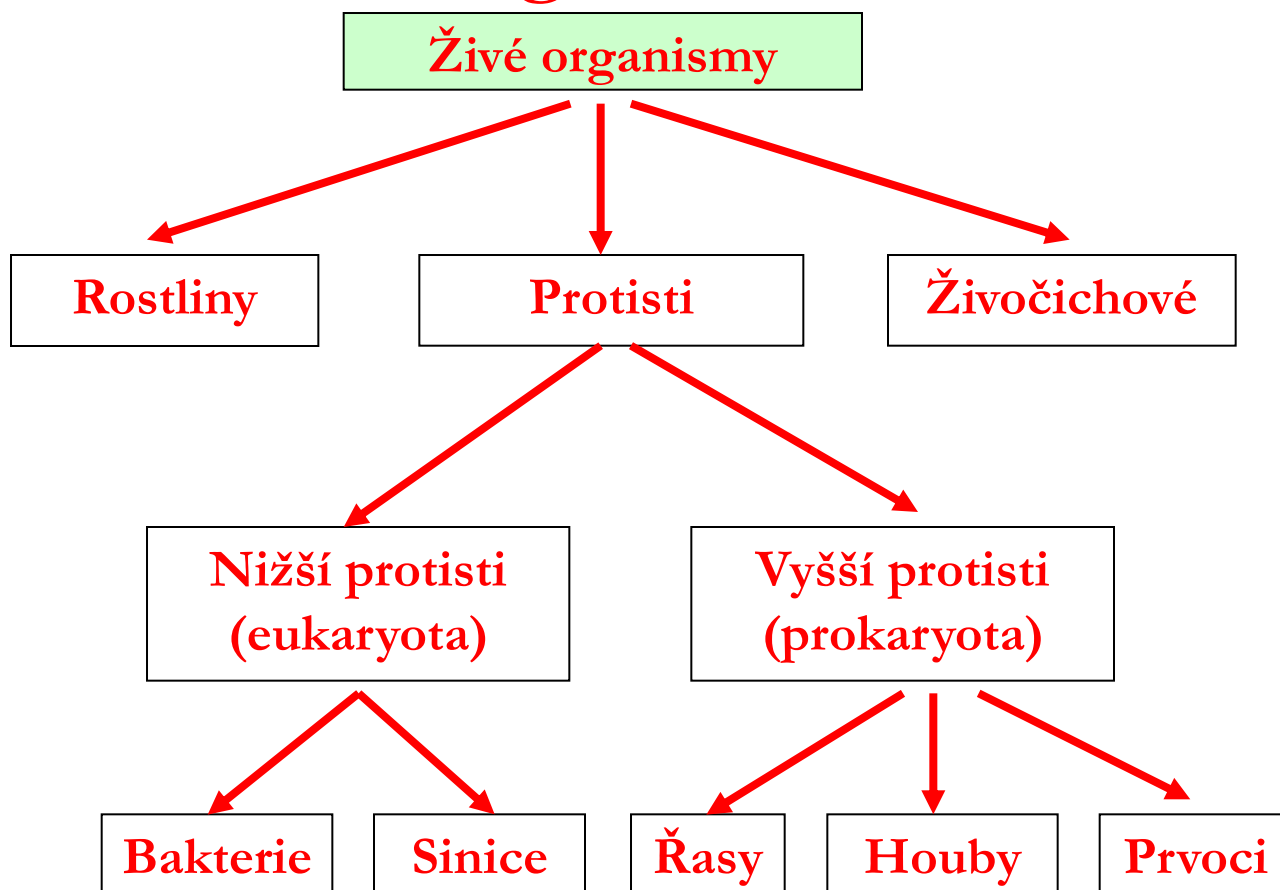


# Biotické složky prostředí

## Ekologická nika - schéma



# Základní rysy metabolismu jednotlivých živých organismů



# Základní rysy metabolismu jednotlivých živých organismů

TABLE 7.1. General organism classification

Type of cell	Other general characteristics	Type of organism	Kingdom
Akaryotic	No cellular organization	virus	
Prokaryotic	Unicellular, filamentous, colonial or mycelial Little or no differentiation Anaerobic, aerobic, facultatively-anaerobic, microaerophilic or aerotolerant Asexual reproduction Cell walls (with some exceptions)	bacteria and archaea	<i>Monera</i>
Eukaryotic	Unicellular More than a single chromosome per cell Heterotrophic or photoautotrophic nutrition Asexual or sexual reproduction	protists	<i>Protoctist</i>
	Multicellular, filamentous (mycelial) composed of hyphae, or unicellular (yeasts) Propagation by spores Chitinous walls Absorptive nutrition	fungi	<i>Fungi</i>
	Multicellular Extensive differentiation Photoautotrophic nutrition	higher plants	<i>Plantae</i>
	Multicellular Extensive differentiation Sexual reproduction Heterotrophic nutrition (ingestive or absorptive)	animals	<i>Animalia</i>

# Klíčovými druhy mohou být i různé opylovači či roznašeči semen (plodů) nebo symbiotické organismy

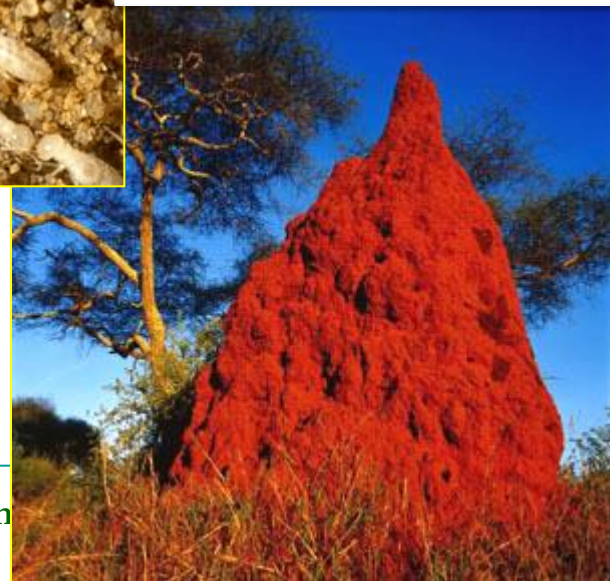


Odstranění jediného klíčového druhu může někdy vyvolat tzv. vymírací kaskádu (→ pokles biodiverzity)

# Ekosystémoví stavitelé

Samostatnou skupinu klíčových druhů představují tzv. ekosystémoví stavitelé (ecosystem engineers), kteří zásadním způsobem ovlivňují prostředí (fyzikální podmínky) společenstva i celé krajiny – např. bobři, žížaly, termiti aj.

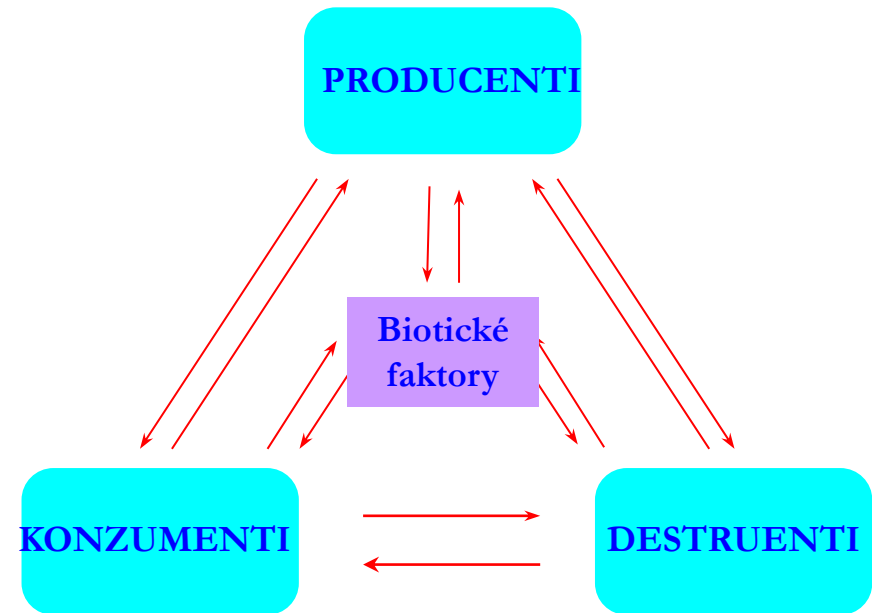
Termiti, kteří se vyvinuli již před 145 mil. lety, patří mezi nejvýznamnější ekosystémové stavitele světa zvířat.



toxic Compounds in the

//recetox.muni.cz

# Základní složky ekosystému a jejich vzájemné vazby



Podle funkčního postavení v ekosystému a podílu na přeměně látek a energie lze organismy rozdělit na:

Producenty

Konzumenty

Destruenty

# Základní typy metabolismu

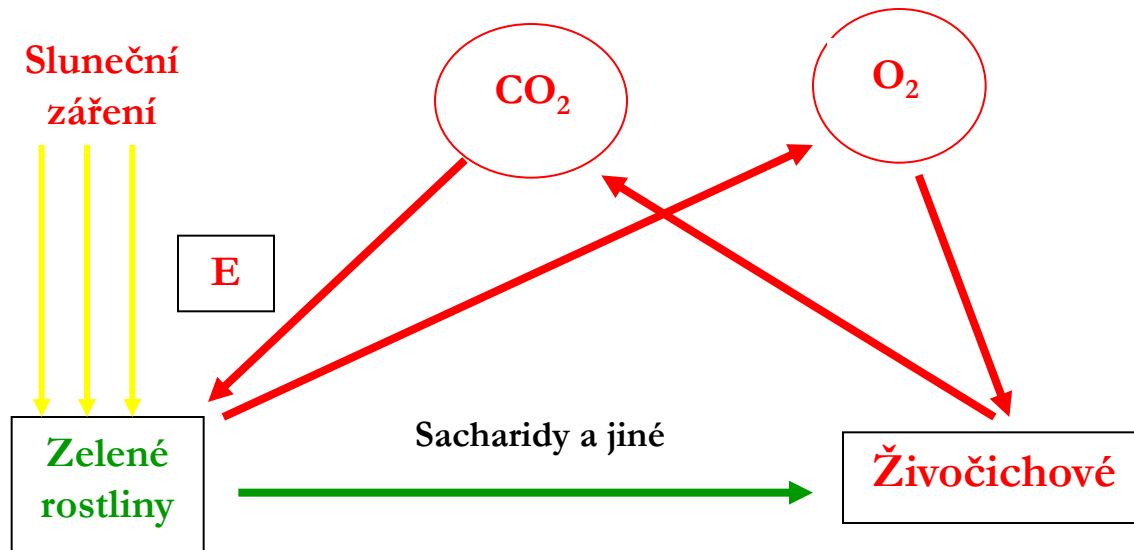
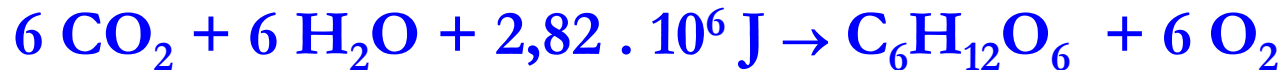
	Organismy			
	Foto-litotrofní	Fotoorga-notrofní	Chemo-litotrofní	Chemoor-ganotrofní
Zdroj E	Světlo	Světlo	Oxidace	Oxidace
Zdroj H <sup>+</sup> , e	H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> S)	Organické látky	H <sub>2</sub> O (H <sub>2</sub> S)	Organické látky
Zdroj C	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Organické látky



# Základní metabolismus

První skupina: typicky autotrofní organismy (pouze světlo a anorganické živiny)

Základní proces látkové výměny: fotosyntéza (asimilace CO<sub>2</sub>)



# Základní metabolismus

**Druhá skupina – fotoorganotrofní – pouze bakterie jedné čeledi**

**Třetí skupina – chemolitotrofní – opět jen některé bakterie:**

- ↪ nitrifikační – oxidace  $\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$
- ↪ sírné – oxidace  $\text{S}^0$  a jejich sloučenin
- ↪ železité – oxidace  $\text{Fe}^{2+}$  na  $\text{Fe}^{3+}$

**Čtvrtá skupina – organismy heterotrofní – všichni živočichové a většina protistů**

Většina organismů potřebuje vzdušný kyslík.

Mezi bakteriemi existují i další metabolické typy (konečným akceptorem e – oxidace jiné látky:

- ↪  $\text{SO}_4^{2-}$  - redukce na  $\text{H}_2\text{S}$
- ↪  $\text{NO}_3^-$  - denitrifikace na  $\text{N}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$
- ↪  $\text{CO}_2$  – redukce na  $\text{CH}_4$

# Základní metabolismus

Společný znak metabolismu heterotrofů – látkovým i energetickým zdrojem jsou organické látky z vnějšího prostředí

**Konzumenti** – konzumují živou biomasu (býložravci, masožravci)

**Reducenti (destruenti, rozkladači)** – konzumují biomasu mrtvou – heterotrofové z říše protistů – bakterie a houby

## Zvláštní metabolické typy:

**Bakterie a sinice vážící N:** pomocí enzymu nitrogenázy dokáží rozbít neobvykle pevnou vazbu molekulárního dusíku a vázat jej do organických nebo anorganických molekul

**Bakterie schopné rozložit pevné, stabilní organické látky:** CH<sub>4</sub>, nasycené uhlovodíky, benzen..

**Organismy žijící v extrémních podmínkách:** horké prameny, Sahara, nasycený roztok NaCl, nízké pH..

# Ekosystém = producenti + konzumenti + destruenti

## Zdroj E – sluneční záření

1-5 % dopadajícího slunečního záření využívají k asimilaci

Polovina asimilované energie se ztrácí při dýchání a polovina (0,5 – 3 % dopadající E) je využito ke tvorbě biomasy

## Zbytek sluneční E

- odraz (10-25 %)
- absorpce rostlinami – přeměna na tepelnou E – spotřeba jako výparné teplo vody – přebytek (80 %) vyzářen ve formě tepelného záření

## Živí se těly producentů:

- primární (býložravci)
- sekundární
- terciární

Žijí z těl a odpadů jiných organismů (zbytky, odumřelé organismy)

Výsledek činnosti destruentů – nic se neakumuluje, vše je znovu využito a znovu zapojeno do koloběhu látek

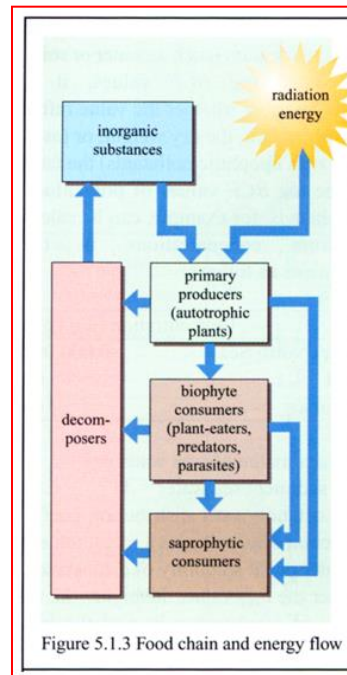


Figure 5.1.3 Food chain and energy flow

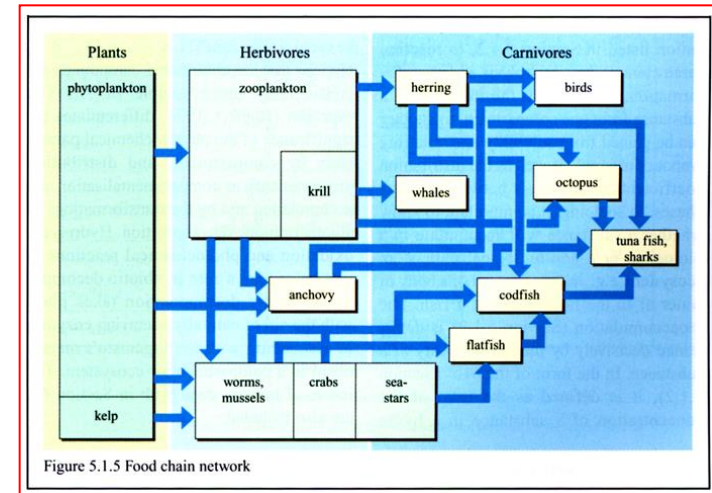
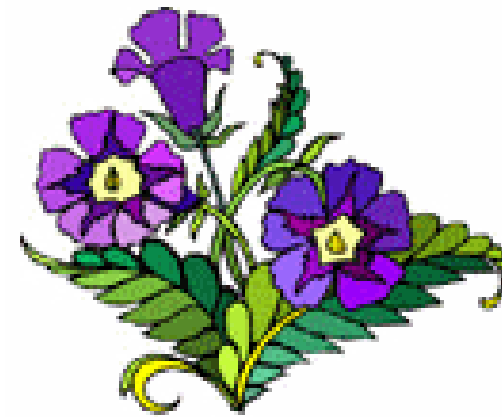


Figure 5.1.5 Food chain network

# Producenti

**Producenti (P)** – autotrofní organismy tvořící z jednoduchých anorganických látek látky organické, buď prostřednictvím fotosyntézy (zelené rostliny, sinice), nebo chemosyntézy (některé bakterie, např. sírné či nitrifikační).



# Konzumenti

**Konzumenti (K)** – heterotrofní organismy (většina živočichů), živící se přímo či nepřímo organickými látkami vytvořenými producenty.

Podle typu výživy se dělí na:

- (1) býložravce (herbivoři, fytofágové, K1),
- (2) masožravce (karnivoři druhého řádu - K2, třetího řádu - K3 atd.
- (3) všežravce (omnivoři).



# Destruenti (rozkladači, dekompozitoři)

Destruenti (rozkladači, dekompozitoři, D) – různé skupiny organismů živící se mrtvou organickou hmotou (detritem); tu postupně rozkládají až na jednoduché látky –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , aminokyseliny, minerální živiny, které mohou být opět využity producenty.

Patří sem **heterotrofní organismy** makroskopických i mikroskopických rozměrů (hlavně houby a bakterie, dále žížaly, hmyz (např. chvostoskoci), prvoci, roztoči, mnohonožky, stonožky aj.)

**Žijí převážně v půdě** (kde tvoří součást edafonu), zčásti též na povrchu rostlin i na různých odumřelých organických zbytcích



stonožka  
škvorová



chvostoskok

# Průtok energie/potravní řetězec v ekosystému

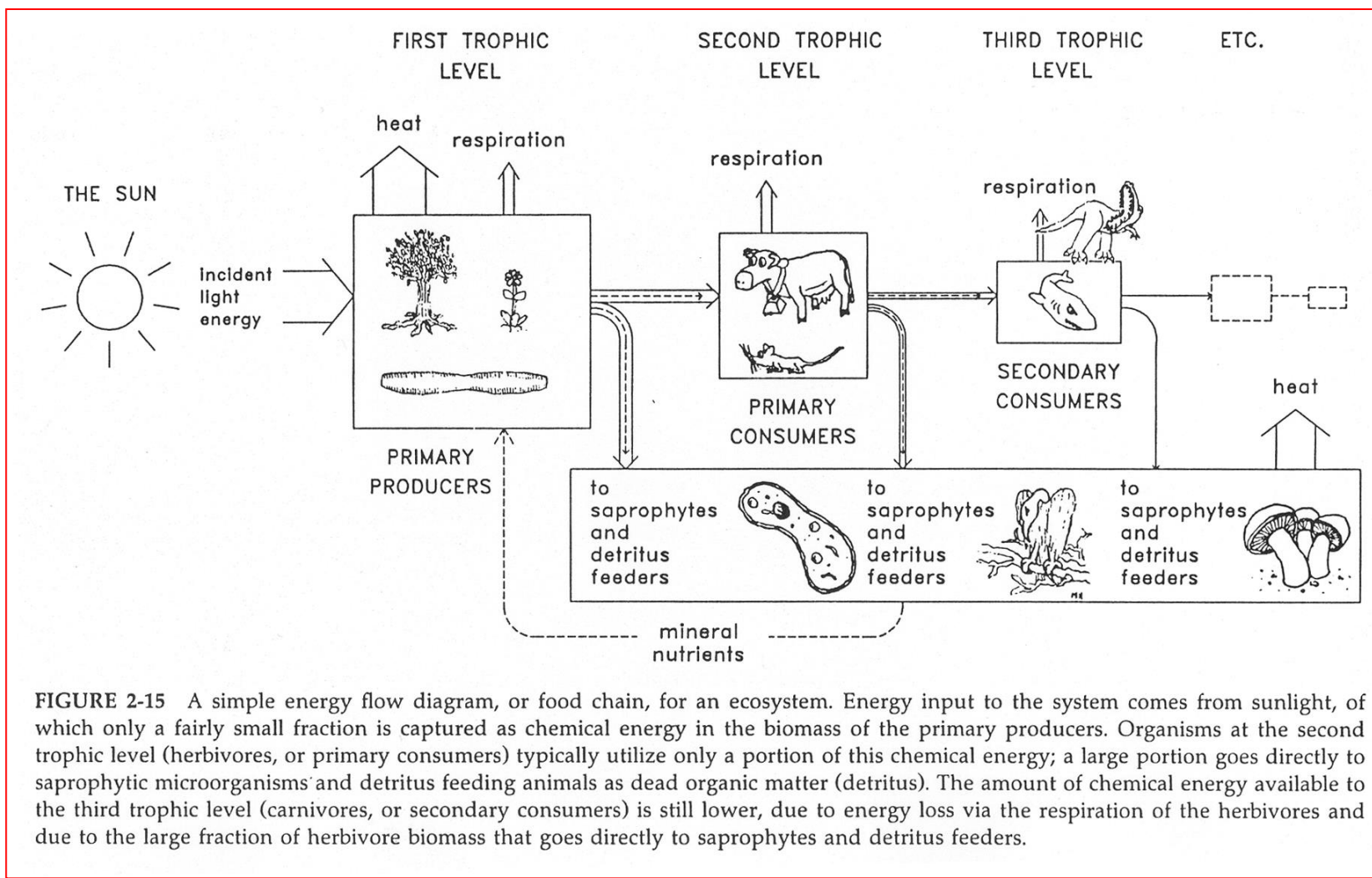


FIGURE 2-15 A simple energy flow diagram, or food chain, for an ecosystem. Energy input to the system comes from sunlight, of which only a fairly small fraction is captured as chemical energy in the biomass of the primary producers. Organisms at the second trophic level (herbivores, or primary consumers) typically utilize only a portion of this chemical energy; a large portion goes directly to saprophytic microorganisms and detritus feeding animals as dead organic matter (detritus). The amount of chemical energy available to the third trophic level (carnivores, or secondary consumers) is still lower, due to energy loss via the respiration of the herbivores and due to the large fraction of herbivore biomass that goes directly to saprophytes and detritus feeders.



# Produkce ekosystému

Autotrofními organismy (tj. producenty) vyprodukované organické látky tvoří primární produkci ekosystému.

**Produkce** = vytvořená biomasa [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ;  $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2}$ ;  $\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$ ]

Fotosyntézou vzniká určité množství biomasy, tzv. **hrubá primární produkce ( $P_G$ )**, která je závislá na výkonnosti fotosyntetického aparátu porostu či rostliny; nelze ji však v přírodě přímo měřit, protože rostlina část asimilované energie ztrácí v podobě tepla dýcháním - v průměru kolem 50 [- 75] %.

$$P_G = P_N + R$$

**R** – ztráty dýcháním rostlinných orgánů

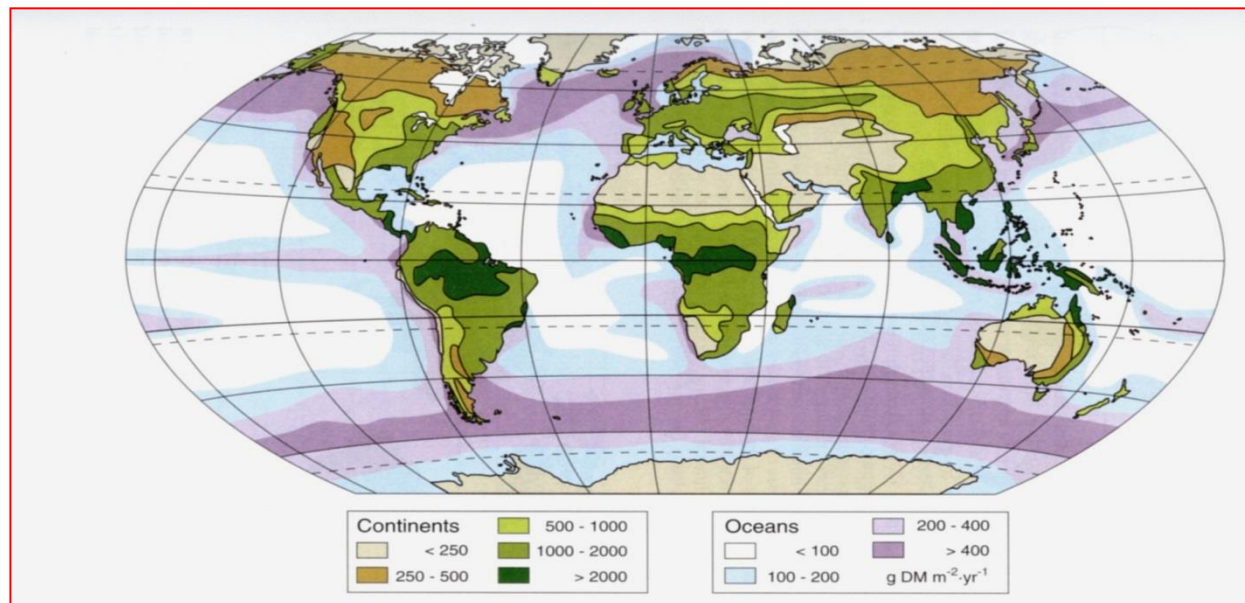
**$P_N$**  - čistá primární produkce

# Primární produkce ekosystému

**Primární produkce** obecně roste od pólů k rovníku v závislosti na růstu:

- ↪ Intenzity světla
- ↪ Průměrné teploty
- ↪ Délky vegetačního období

Roční čistá primární produkce Země  
(g sušiny. m<sup>-2</sup>. rok<sup>-1</sup>)



# Sekundární produkce ekosystému

Organické látky vytvořené v tělech všech heterotrofních organismů (konzumentů a destruentů) odpovídají **sekundární produkci ekosystému**.

**Produktivita** představuje **množství energie vázané do nové biomasy (sušiny)** vztažené na určitou plochu za jednotku času, např. za celý rok, nebo jen za vegetační periodu [ $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ;  $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{rok}^{-1}$ ].

↪ **V terestrických ekosystémech** produktivita obecně klesá s rostoucí nadmořskou výškou a rostoucí ariditou klimatu, a zpravidla stoupá s rostoucím množstvím dostupných živin (hlavně N, P, K)

↪ Asi 3/4 plochy Země pokrývají **málo produktivní ekosystémy** – otevřené oceány, pouště a polopouště, tundra, oligotrofní jezera

↪ **Nejvyšší produktivitu** mají tropické deštné lesy, monzunové lesy, korálové útesy; intenzivně obdělávaná půda

# Sekundární produkce ekosystému

**Vyšší produktivita** většinou úzce koreluje s vyšším druhovým bohatstvím; výjimkou jsou druhově velmi bohatá společenstva na chudých půdách v jižní Africe a v Austrálii

V mořích a oceánech jsou **nejproduktivnější vody při pobřeží** (dokonalé promíchání díky bouřím a mořským proudům), výstupné proudy lokálně výrazně zvyšují produktivitu mořského ekosystému !

Chladné vody jsou produktivnější než teplé (zřejmě proto, že jsou bohatší na živiny (např. fosfáty jsou více rozpustné v chladnější vodě))

**Energie se v ekosystému zpravidla nemůže výrazněji hromadit** (× fosilní paliva) → jednostranný tok energie, který je realizován prostřednictvím trofických vztahů.

# Potravní řetězce

**Přenosy látek a energie v ekosystémech se uskutečňují v potravních (trofických) řetězcích, které propojují jednotlivé potravní úrovně.**

**Potravní řetězec představuje posloupnost (sled) organismů, které jsou ve vzájemných potravních závislostech, tj. jeden požívá druhého, přičemž sám se stává potravou v následující trofické úrovni.**

**Obecně:  $P \rightarrow K_1 \rightarrow K_2 \rightarrow K_3 \rightarrow \dots$**

**V každém ekosystému musí existovat minimálně 2 trofické úrovně.**

# Potravní řetězce

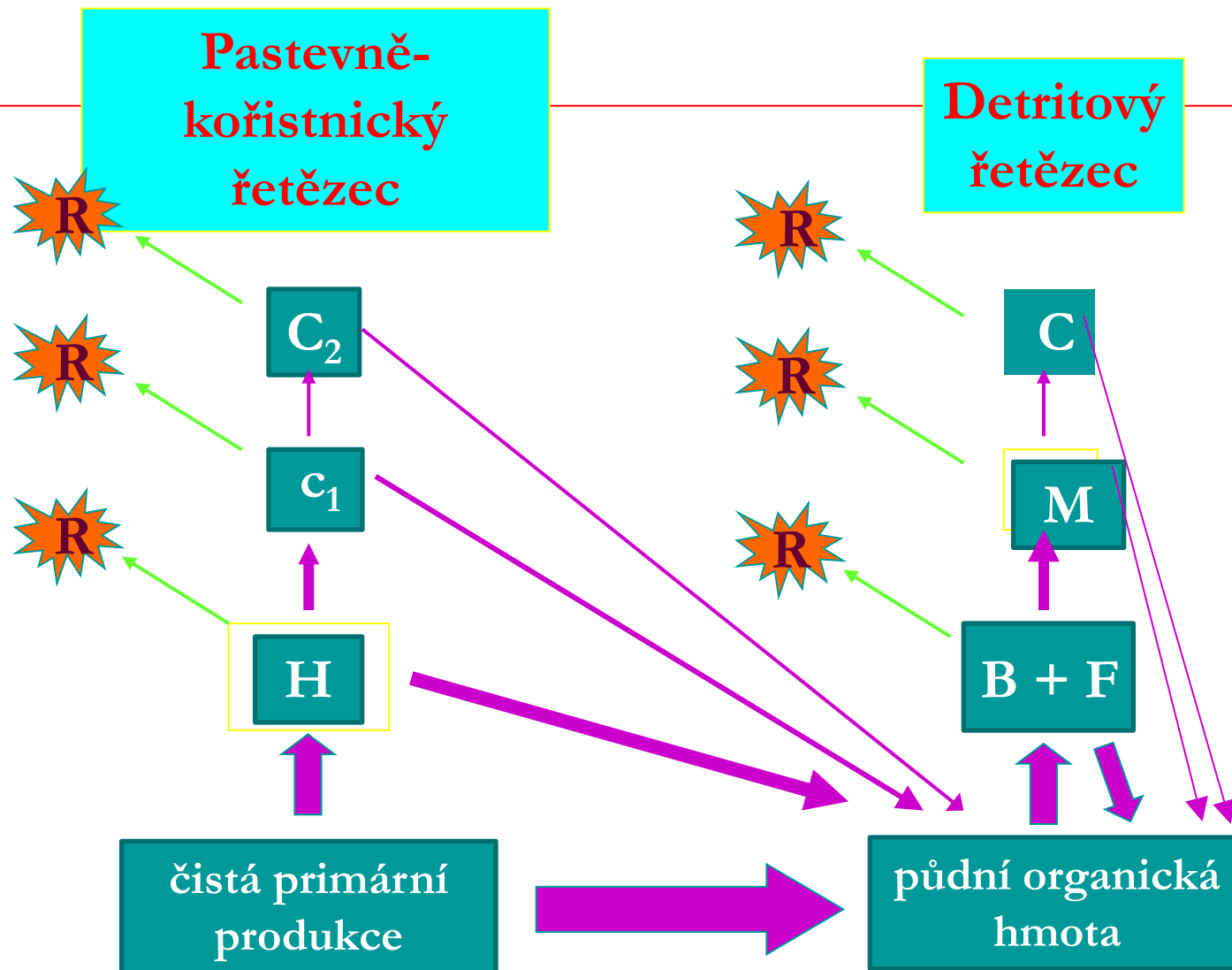
Potravní řetězce mívají v průměru 4 články:

Nejdelší trofické řetězce jsou ve vodních ekosystémech, např.

fytoplankton → zooplankton → drobné ryby → dravé ryby →  
draví kytovci → lední medvěd (maximálně kolem 10 článků)

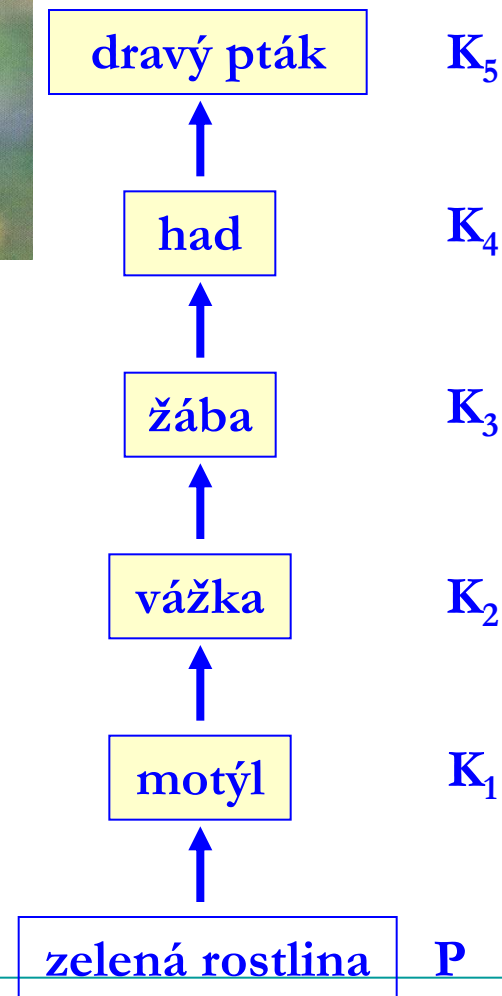
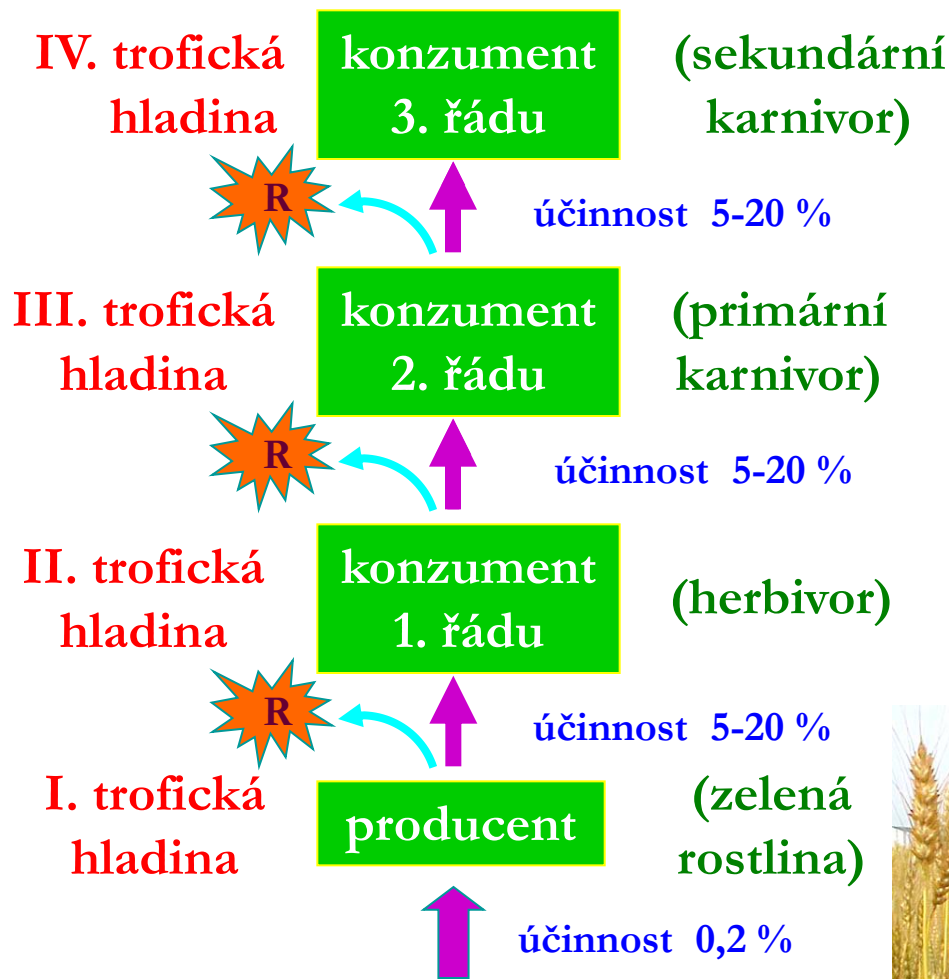
Existují 3 typy potravních řetězců (podle toho, zda začíná živou biomasou či mrtvou organickou hmotou):

- ↪ pastevně-kořistnický
- ↪ detritový (= dekompoziční)
- ↪ parazitický – spojuje různé skupiny parazitů (cizopasníků)



H – herbivoři, C<sub>1</sub>- primární karnivoři, C<sub>2</sub>- sekundární karnivoři; B – bakterie, F – houby, M – mikrobivoři (prvoci aj.), C – karnivoři, R – respirační ztráty

# Pastevně-kořistnický řetězec





# Koloběh látek a tok energie



Konzumenti  
3. řádu  $K_3$



Producenti P

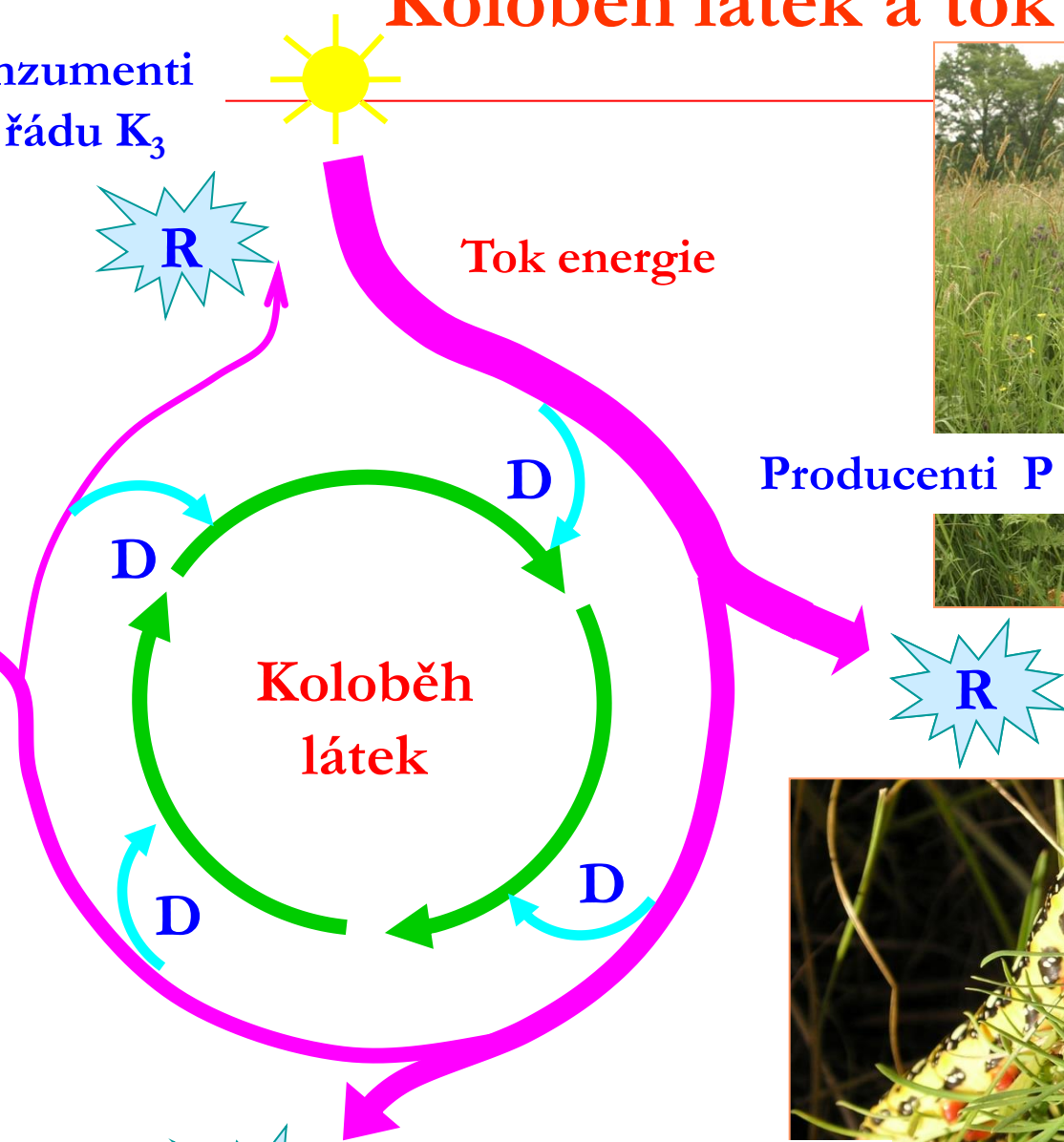
Konzumenti  
2. řádu  $K_2$



Konzumenti 1. řádu  
(herbivoři)  $K_1$

Research for T  
http

iment

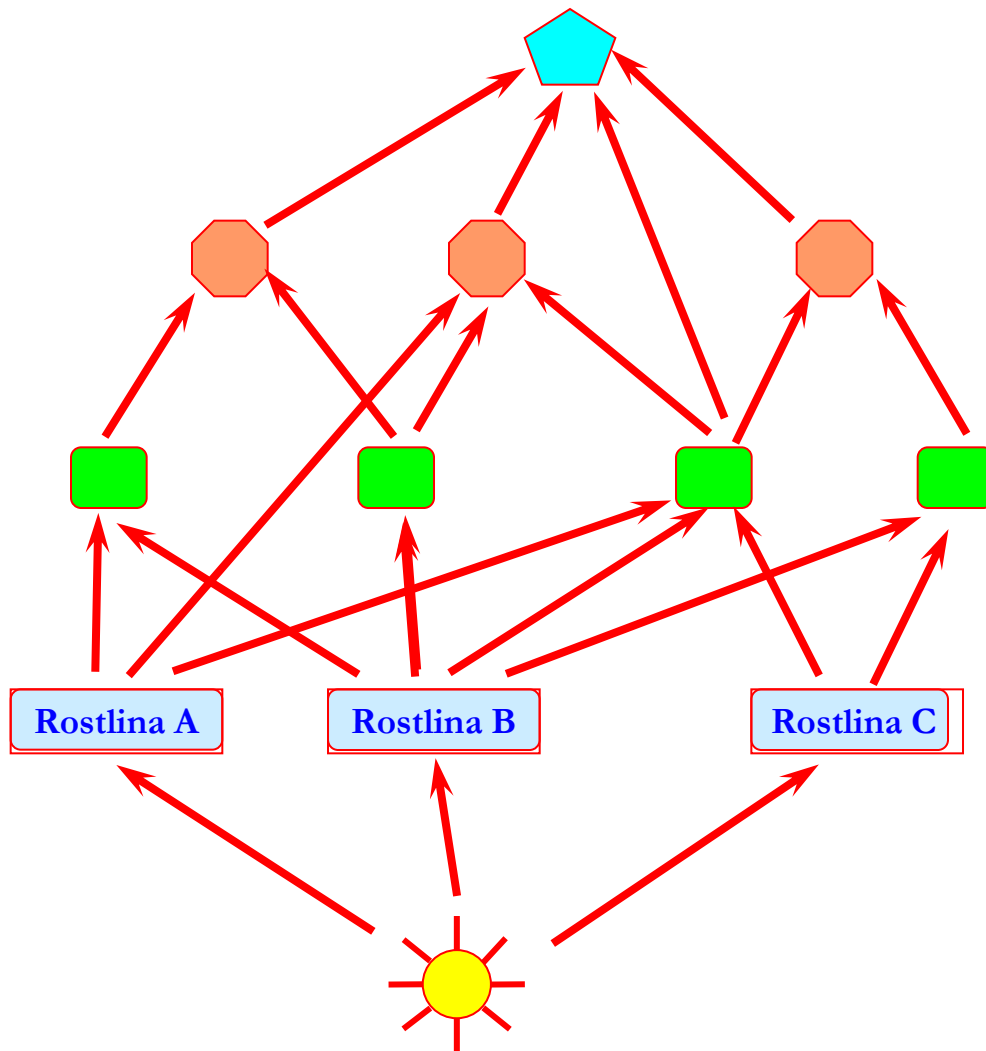


# Potravní sítě

Potravní (= trofická) síť představuje systém vzájemně propojených potravních řetězců (ukazuje, které druhy v rámci biocenózy jsou spolu potravně propojeny).

Čím je potravní síť určitého biotopu hustší, tím stabilnější zde bývá biologická rovnováha;

# Potravní síť



Konzument 3. řádu

Konzumenti 2. řádu

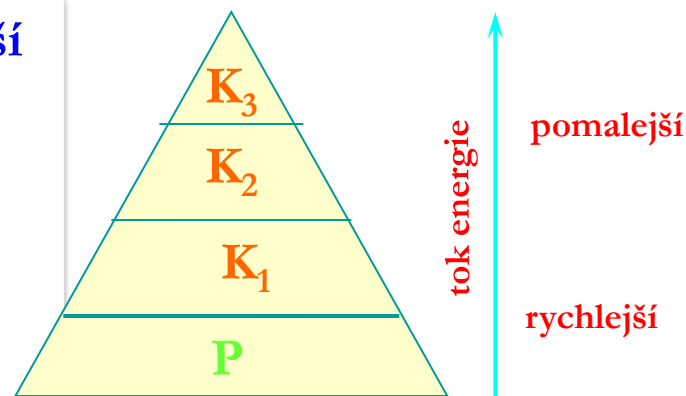
Konzumenti 1. řádu

Producenti

# Ekologické pyramidy

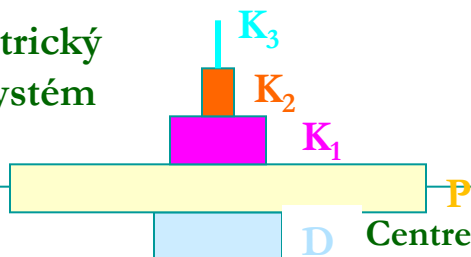
Potravní závislosti, tj. postupný pokles celkové biomasy, energie či počtu jedinců v jednotlivých trofických úrovních lze graficky znázornit pomocí ekologických pyramid.

**Pyramida energie** – představuje nejobektivnější způsob vyjádření trofické struktury ekosystému (je náročná na údaje ...); má vždy klasický tvar, protože všechny energetické přechody jsou spojeny se ztrátou energie



**Pyramida biomasy** – každou trofickou úroveň zastupuje biomasa organismů

Terestrický ekosystém

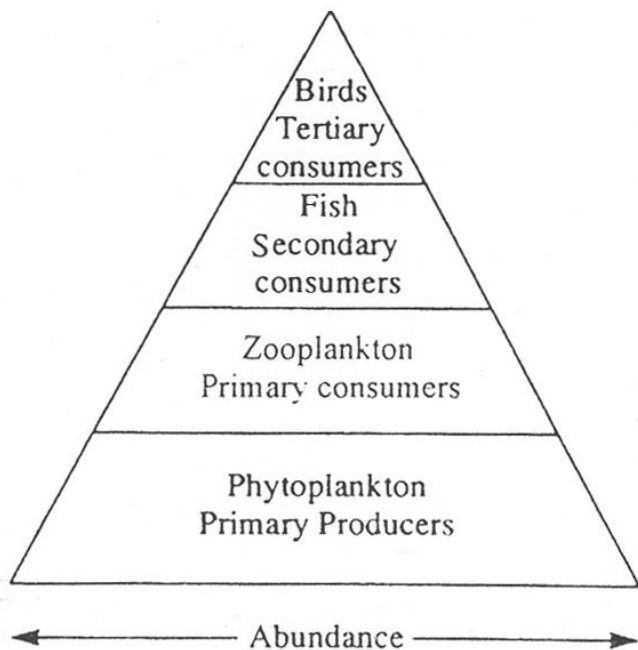


**Biomasa producentů bývá nejméně 1000krát větší než biomasa K + D.**

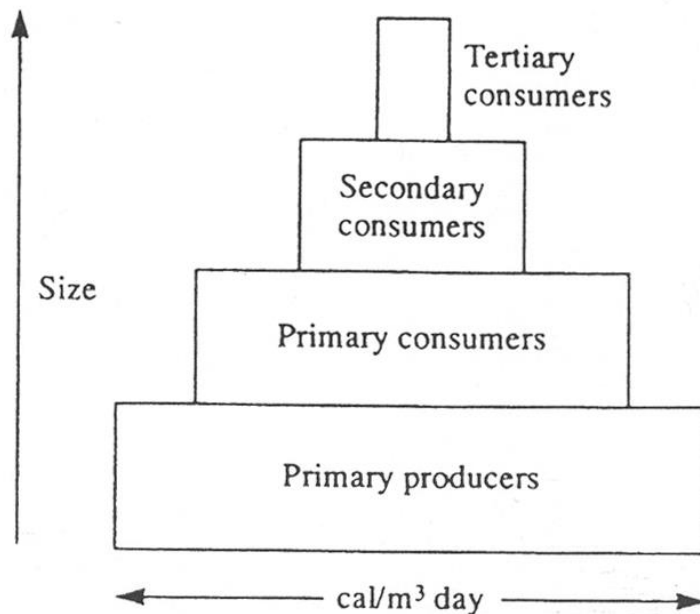
Centre for Toxic Compounds in the Environment

<http://recetox.muni.cz>

# Pyramida (a) množství a trofických úrovní v ekosystému (b) energie a individuální velikosti potravního řetězce



(a)



(b)

Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

# Pyramida (a) množství a trofických úrovní v ekosystému (b) energie a individuální velikosti potravního řetězce

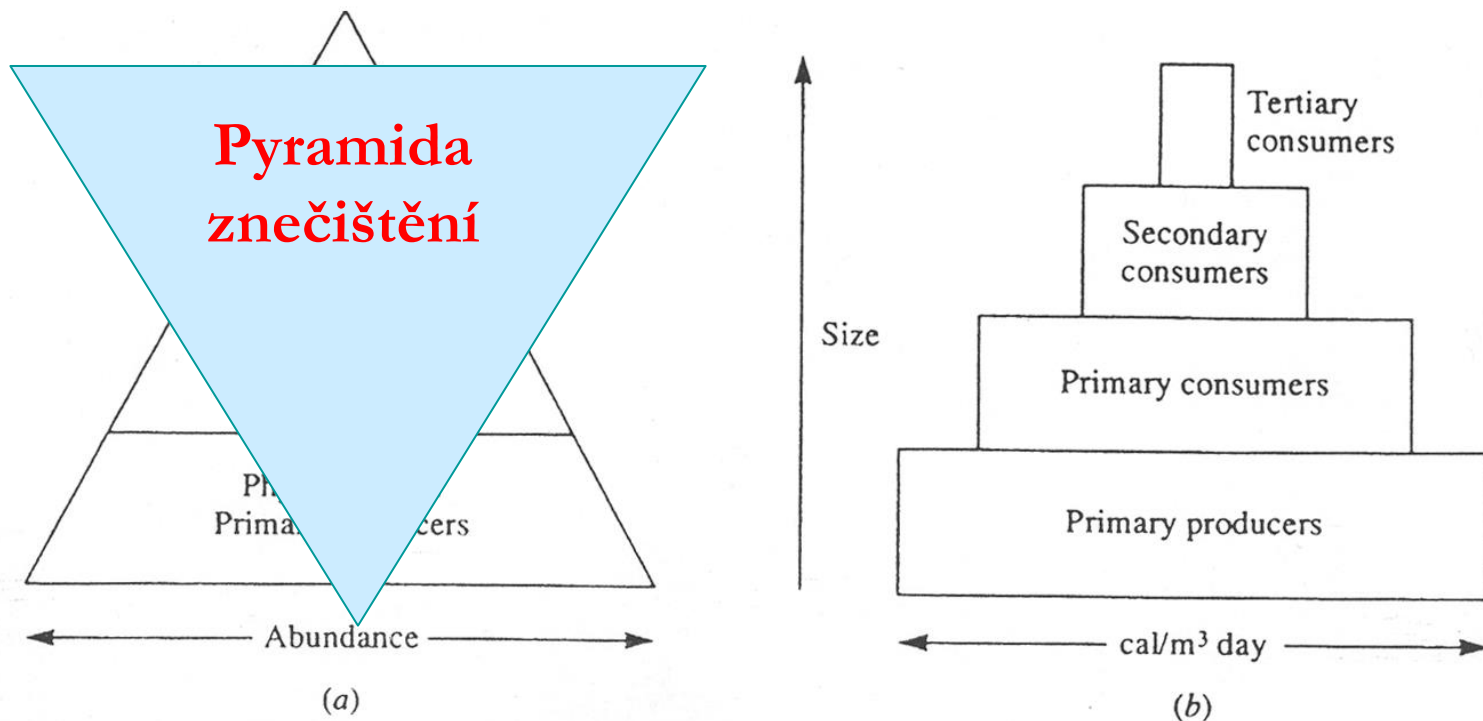


Figure 2.4 Pyramid of (a) numbers and trophic levels for an ecosystem and (b) the concept of the energy pyramid and individual size of a food chain.

# Pyramida četnosti

Pyramida četnosti – odráží jev, že počet jedinců od první k poslední trofické úrovni (vrcholová predátoři) se obvykle strmě zmenšuje

↪ Při přechodu na vyšší trofickou úroveň je pokles početnosti doprovázen zvětšením rozměrů

↪ Obrácené poměry jsou u parazitických řetězců (parazité jsou menší a početnější než hostitel)

↪ Existují i „obrácené“ pyramidy četnosti – např. strom s velkým počtem herbivorního hmyzu

